

Université de La Réunion

Faculté des Sciences et Technologies

Protection des cultures :
de l'agrochimie à l'agroécologie

**Synthèse d'ouvrages et de travaux,
présentée par Jean-Philippe Deguine
pour l'obtention de l'Habilitation à Diriger des Recherches,
soutenue le 10 décembre 2012
devant la commission d'examen composée de :**

Mme Nathalie Becker	Maître de Conférences (HDR), Muséum National d'Histoire Naturelles, rapporteuse
M. Philippe Lucas	Directeur de recherches, INRA Rennes, rapporteur
M. Jean-Pierre Lumaret	Professeur CNRS-CEFE, Université Montpellier 3, rapporteur
M. Stéphane Poussier	Professeur, Faculté des Sciences et Technologies, Université de La Réunion (Président de la commission)
M. Serge Quilici	Ingénieur de recherches (HDR), CIRAD Saint-Pierre, rapporteur

“An agroecological approach to agriculture involves the application of ecological knowledge to be the design and management of production systems so that ecological processes are optimized to reduce or eliminate the need for external inputs. Nowhere is this more apparent than in the management of agricultural pests.”

Shennan *et al.* (2005)

Remerciements

Je remercie Nathalie Becker, Philippe Lucas, Jean-Pierre Lumaret, Stéphane Poussier et Serge Quilici d'avoir accepté d'examiner mon mémoire d'HDR. Je remercie également Mohamed Rochdi et Jessica Vellaïdon qui ont facilité la tenue de ma soutenance d'HDR à l'Université de La Réunion.

Tout au long de ma carrière, j'ai côtoyé de nombreux collègues, travaillant sur différents modèles biologiques, appartenant à différentes institutions de recherche et de développement, que ce soit à l'étranger dans les Services Nationaux de Recherche Agronomique ou bien sur le territoire français au sein du Cirad, de l'Inra et de l'Ird. Cette grande diversité de contacts, d'échanges et de collaborations m'a enrichi intellectuellement et intérieurement. Je suis très reconnaissant aux collègues avec lesquels j'ai travaillé au quotidien : au Tchad, au Cameroun, en Nouvelle-Calédonie, à Montpellier et à La Réunion. Je ne peux pas tous les lister ici, mais je n'en oublie aucun. J'ai une pensée particulière pour Jean Cauquil, Zachée Boli, François Leclant, Hubert Manichon, Bernard Delay, Pierre Ferron et Toulassi Atiama-Nurbel qui m'ont, chacun à leur manière, encouragé et accompagné dans ma trajectoire scientifique.

Un remerciement particulier, en forme de clin d'œil, à Pierre Ferron : les milliers de kilomètres qui nous séparent aujourd'hui n'auront pas eu raison de notre complicité. Pierre, tu m'as beaucoup appris, non seulement en tant que scientifique, mais aussi en tant qu'homme.

Je remercie Bernard Reynaud de m'avoir accueilli dans l'UMR PVBMT (Unité Mixte de Recherche Peuplements Végétaux et Bioagresseurs en Milieu Tropical) qu'il dirige à La Réunion depuis longtemps. Ses qualités humaines et la confiance qu'il m'a faite pour lancer de nouvelles thématiques de recherche, ont été très motivantes dans mes travaux réunionnais.

J'ai aussi un mot pour les dizaines d'étudiants que j'ai encadrés depuis 24 ans, d'Odile la première en 1988 à Maxime le dernier en 2012, en passant par la fratrie Atiama. Si j'ai toujours fait le maximum pour leur apporter un encadrement scientifique rigoureux et pour leur assurer un soutien constant, je n'oublie pas non plus que chacun d'entre eux m'a appris quelque chose. Chaque sujet de recherche partagé a été une expérience humaine et scientifique bénéfique.

Merci à ma famille. De près ou de loin, elle m'a toujours aidé, encouragé et souri. Mes parents Marie-José et Pierre ; mes enfants Marc, Thomas et Louis ; mes beaux-enfants Julie et Jonathan qui se demandent bien pourquoi je passe « un diplôme à mon âge »... Et bien sûr ma femme Christine : je suis heureux que nous partagions nos vies !

Sommaire

Introduction	1
---------------------------	----------

1. Présentation générale du candidat

1.1. Etat civil	3
1.2. Grades et titres.....	3
1.3. Fonctions exercées	3
1.4. Trajectoire scientifique	5

2. Activités de recherche et d'encadrement

Introduction	9
2.1. Techniques d'observation et d'échantillonnage de populations de ravageurs des cultures	10
2.1.1. Le Puceron du cotonnier.....	10
2.1.2. Autres ravageurs du cotonnier.....	13
2.1.3. Mouches des légumes.....	14
2.2. Dynamique des populations de ravageurs des cultures	18
2.2.1. Le Puceron du cotonnier.....	18
2.2.2. Mouches des légumes.....	26
2.3. Conception de méthodes de protection des cultures	33
2.3.1. Lutte chimique raisonnée : exemple des chenilles du cotonnier.....	33
2.3.2. Lutte intégrée : exemple du Puceron du cotonnier.....	36
2.3.3. Extension de la lutte intégrée contre <i>A. gossypii</i> à l'aleurode <i>B. tabaci</i>	39
2.3.4. Production intégrée : « La Nouvelle Culture du cotonnier »	40
2.3.5. Protection agroécologique des cultures : exemple des Mouches des légumes à La Réunion	42
2.3.6. Extension de la protection agroécologique des cultures à l'Agriculture Biologique.....	51

3. Projet de recherche : la gestion des habitats des arthropodes, préalable à la gestion agroécologique des populations de ravageurs des cultures

3.1. La démarche générale : vers une protection agroécologique des cultures.....	55
3.1.1. Contexte et enjeux de la protection des cultures à La Réunion.....	55
3.1.2. Implications sur l'évolution des recherches en protection des cultures	56
3.2. Problématique et objectifs	57
3.3. Les 3 axes du projet.....	58
3.3.1. Bioécologie, interactions et dynamique des populations des bioagresseurs et des auxiliaires	58
3.3.2. Biodiversité fonctionnelle, interactions trophiques et services rendus	59
3.3.3. Interactions entre communautés et gestion des habitats des arthropodes	61
3.4. Un projet de recherche cohérent avec les dynamiques scientifiques et les demandes du Développement	62
3.4.1. Un projet de recherche intégré dans le projet scientifique de l'UMR PVBMT	62
3.4.2. Un projet de recherche intégré dans le projet de recherche et d'expérimentation de l'UMT SPAT	64
3.4.3. Un projet de recherche intégré en amont de différents projets de Recherche-Développement en partenariat	64
3.5. Exemples de sujets de recherche.....	66
3.5.1. Bioécologie et dynamique des populations de la Punaise du manguier, <i>Orthops palus</i> (Heteroptera, Miridae) à La Réunion	66
3.5.2. Structure et fonctionnement de la biodiversité dans les vergers de manguiers à La Réunion	67
3.5.3. Diversité en arthropodes utiles des bords de parcelles des systèmes de cultures maraîchères et impact sur les ravageurs de ces cultures.....	69
3.5.4. Biodiversité en milieux urbain, rural et naturel : étude de la biodiversité selon un gradient géographique Océan-Parc National à la Réunion.....	70

4. Production scientifique, encadrement, animation et gestion de la recherche

4.1. Liste de publications.....	73
4.1.1. Articles dans des revues internationales avec comité de lecture, répertoriées dans des bases de données internationales	73
4.1.2. Articles dans des revues nationales avec comité de lecture, répertoriées dans des bases de données internationales	77

4.1.3. Articles dans des revues internationales ou nationales avec comité de lecture, non répertoriées dans des bases de données internationales	77
4.1.4. Ouvrages scientifiques	80
4.1.5. Chapitres d'ouvrages scientifiques.....	80
4.1.6. Coordination scientifique de numéros spéciaux de revues	82
4.1.7. Articles dans des ouvrages d'organismes de recherche ou de sociétés savantes	82
4.1.8. Mémoires et thèses diplômants	83
4.1.9. Conférence donnée à l'invitation du comité scientifique d'une conférence internationale.	84
4.1.10. Edition scientifique de colloques	84
4.1.11. Communications dans des congrès internationaux (publiées)	84
4.1.12. Communications dans des congrès internationaux (non publiées)	90
4.1.13. Posters présentés dans des congrès internationaux	91
4.1.14. Communications dans des réunions Cirad ou des réunions nationales	93
4.1.15. Rapports d'activités.....	95
4.1.16. Rapports de mission	99
 4.2. Encadrement de la recherche.....	 102
4.2.1. Thèses	102
4.2.2. Stages type Master 2 ou DEA	103
4.2.3. Stages ingénieurs ou DESS	105
4.2.4. Stages licence, maîtrise ou DUT	107
4.2.5. Volontaires	109
4.2.6. Autres	110
 4.3. Animation scientifique, gestion et évaluation de la recherche	 111
4.3.1. Animation scientifique et gestion de la recherche.....	111
4.3.2. Elaboration et gestion de contrats de recherche	111
4.3.3. Participation à des instances scientifiques et des groupes institutionnels.....	112
4.3.4. Organisation de rencontres scientifiques internationales	114
4.3.5. Enseignement, formation et information.....	115
4.3.6. Missions effectuées	119
4.3.7. Evaluation d'articles ou d'ouvrages	121
 Conclusion.....	 125
 Références bibliographiques	 127

Introduction

C'est au milieu des années 1980, que le Cirad (Centre de coopération internationale en recherche agronomique pour le développement) a vu le jour à partir de l'assemblage d'une dizaine d'instituts techniques créés pendant la période coloniale. Depuis, cet organisme subit une constante évolution. J'y ai été recruté en 1985, j'y ai réalisé toute ma carrière de chercheur et j'y travaille aujourd'hui avec la même rigueur et le même enthousiasme qu'à mes débuts.

Avec le recul de ces 27 années, on peut reconnaître que la caractéristique principale de mon parcours de chercheur au Cirad, c'est sa diversité. En effet, j'ai exercé alternativement aussi bien des activités de recherche, d'expertise, de formation, d'enseignement, d'orientation stratégique, que des responsabilités d'animation scientifique et de gestion d'équipes. J'ai pu ainsi, successivement : (i) être confronté directement aux problèmes de terrain et proposer des solutions concrètes ; (ii) assurer la responsabilité de la gestion et de l'animation de la recherche dans un contexte national et international ; (iii) revenir aux sources du savoir, propice à la mise en perspective des expériences vécues ; (iv) puis élaborer une nouvelle démarche expérimentale à partir de la conception d'une stratégie phytosanitaire innovante centrée sur la gestion des agroécosystèmes.

La diversité des continents d'accueil, des systèmes de cultures considérés, des modèles biologiques étudiés, des équipes fréquentées, gérées ou encadrées, des concepts de protection des cultures qui se sont succédé, n'a pourtant pas été une source de dispersion. Bien au contraire, elle m'a permis de forger ma propre identité de chercheur. Celle-ci s'est bâtie sur une nécessaire conciliation de l'approche scientifique classique et d'un souci de pragmatisme induit par l'obligation de résultats pratiques (efficacité et transmission).

Le fil conducteur de mes activités, quelles qu'elles soient, a en effet toujours été le même : (i) comprendre les problématiques phytosanitaires et les formuler en questions de recherche ; (ii) agir au sein d'une équipe et en partenariat, par des recherches cognitives et intégratives ; (iii) transmettre : informer, former, enseigner, encadrer, produire, valoriser.

Les activités d'animation et de gestion de la recherche que j'ai eu l'opportunité de mener pendant 8 années, au milieu de ma carrière, présentent la particularité d'avoir généré une réflexion prospective dans le domaine de la protection phytosanitaire. Grâce à cette réflexion, impliquant un changement de paradigme, de la lutte intégrée pour l'approche agroécologique de la gestion des populations de ravageurs des cultures, j'ai vécu une certaine rupture conceptuelle, mais aussi méthodologique, entre la démarche expérimentale, analytique, adoptée initialement en culture cotonnière en Afrique et celle, systémique, actuellement mise en place sur la gestion agroécologique des arthropodes des cultures fruitières et maraîchères à La Réunion.

Les changements d'activités dans la vie d'un chercheur au Cirad, notamment sous la forme de prise de responsabilités, ont peut-être engendré une cassure dans la dynamique de recherche et d'encadrement, en particulier au milieu d'une carrière ; je l'ai constaté en mesurant le temps qu'il faut entre l'affectation au sein d'une équipe de recherche et la valorisation scientifique des activités engagées. Cependant, ces changements d'activités dans la vie d'un chercheur au Cirad ont aussi l'intérêt et l'avantage d'inciter le chercheur concerné, s'il est mûr et prêt à les assumer (ce qui a été mon cas), à des évolutions de ses concepts et méthodes de travail, finalement nécessaires pour renouveler les démarches et les thématiques de recherche.

Le premier chapitre de ce mémoire présente donc la diversité de mon parcours scientifique au cours des 27 dernières années. Dans le chapitre 2, je décris mes activités et mes résultats de recherche selon 3 axes : (i) techniques d'observation et d'échantillonnage des populations de ravageurs des cultures ; (ii) dynamique des populations de ravageurs ; (iii) conception de techniques de protection. Le chapitre 3 présente les bases de mon projet de recherche pour les années à venir, la gestion agroécologique des communautés, également selon 3 axes : (i) bioécologie, interactions et dynamiques des populations des bioagresseurs et des auxiliaires ; (ii) biodiversité fonctionnelle, interactions et services rendus ; (iii) interactions entre communautés et gestion des habitats des arthropodes. Enfin, le chapitre 4 propose un inventaire structuré de ma production scientifique, de mon encadrement et de mes activités d'animation et de gestion de la recherche.

1. Présentation générale du candidat

1.1. Etat civil

Jean-Philippe Deguine

Nationalité Française

Date de naissance : 18 juin 1960

Situation familiale : marié, 3 enfants

Adresse professionnelle : Cirad, UMR PVBMT, Pôle de Protection des Plantes – 3P

7 chemin de l'IRAT, 97410 Saint-Pierre La Réunion (France)

Tel : (262) 2 62 49 92 31 ; Fax : (262) 2 62 49 92 93. Email : jean-philippe.deguine@cirad.fr

1.2. Grades et titres

- 1983. Diplôme d'Etudes Approfondies de Gestion Industrielle. Institut National Polytechnique de Lorraine ;
- 1983. Diplôme d'Ingénieur agronome. Ecole Nationale Supérieure d'Agronomie et des Industries Alimentaires de Nancy ;
- 1983. Diplôme d'Agronomie Approfondie, spécialité Développement dans les domaines de la Fertilisation et de la Protection des cultures. Ecole Nationale Supérieure d'Agronomie et des Industries Alimentaires de Nancy ;
- 1984. Diplôme d'Ingénieur en Génie des Systèmes Industriels. Institut National Polytechnique de Lorraine. Ecole Nationale Supérieure de Génie des Systèmes Industriels de Nancy ;
- 1995. Diplôme de Doctorat en Sciences Agronomiques, Biologie des Systèmes Intégrés, Agronomie, Environnement. Ecole Nationale Supérieure Agronomique de Montpellier ;
- 2006. Diplôme de Master 2 Recherche en Biologie de l'Evolution et Ecologie, Biologie Géosciences Agrossources Environnement. Université Montpellier 2 et Agro-Montpellier.

1.3. Fonctions exercées

- février 1985 à avril 1986 : volontaire du service national actif (VSNA), en poste à l'Office National de Développement Rural (Moundou, Tchad) : agent de Recherche & Développement chargé de la pré vulgarisation et de la formation en matière de protection chimique du cotonnier.

- avril 1986 à mai 1988 : chercheur entomologiste en poste à l'Institut de Recherche du Coton et des Textiles exotiques (Bébedjia, Tchad) : recherches en lutte chimique en culture cotonnière.
- mai 1988 à octobre 1995 : chercheur entomologiste en poste à l'Institut de Recherche Agronomique pour le Développement (Maroua, Cameroun) : recherches en lutte intégrée en culture cotonnière.
- octobre 1995 à mars 1997 : chercheur entomologiste (Département des Cultures Annuelles) en affectation temporaire à Montpellier : soutenance de thèse, recherches en lutte intégrée en culture de riz, expertise sur cotonnier.
- mars 1997 à décembre 1997 : chercheur entomologiste (Département des productions fruitières horticoles) en poste au Cirad (La Foa, Nouvelle-Calédonie) : recherches sur les Mouches des fruits (post-récolte).
- décembre 1997 à décembre 2001 : chef du Programme coton du Cirad, en poste à Montpellier : management de la recherche (protection des cultures, agronomie, génétique, économie, technologie) ; responsable de la stratégie scientifique, géographique et partenariale ; expertise ; gestion des ressources humaines (55 agents dont 35 chercheurs sur différents continents) ; gestion des ressources financières (budget de 5 millions €).
- décembre 2001 à décembre 2003 : délégué scientifique « Pathologie et protection intégrée » en poste à la Direction Scientifique du Cirad : animation scientifique ; veille et prospective ; évaluation ; expertise ; programmation ; partenariats ; gestion des carrières des agents (disciplines et domaines : bactériologie, entomologie, malherbologie, mycologie, nématologie, virologie, IPM).
- décembre 2003 à septembre 2005 : directeur adjoint, chargé des affaires scientifiques du Département EMVT (Elevage et Médecine Vétérinaire Tropicale), en poste à Montpellier : management de la recherche (santé animale, productions animales, ressources naturelles et environnement) ; responsable de la stratégie scientifique, géographique et partenariale ; expertise ; gestion des ressources humaines (180 agents dont environ 100 chercheurs) ; gestion des ressources financières (budget de 16 millions €).
- septembre 2005 à juin 2006 : étudiant en formation continue, Master 2R Biologie de l'évolution et écologie (Université Montpellier 2), Stage de fin d'études au CNRS/CEFE Montpellier.

- depuis juillet 2006 : chercheur entomologiste agroécologue (Département des Systèmes Biologiques), en poste au 3P-UMR PVBMT (Saint-Pierre, La Réunion) : bioécologie des arthropodes ; gestion agroécologique des populations de ravageurs des cultures fruitières et maraîchères.

1.4. Trajectoire scientifique : conduire des activités de recherches sur le terrain, optimiser et diversifier la formation continue, gérer et animer des équipes de recherche

J'ai débuté ma carrière en 1985 en tant que Volontaire au Service National Actif (VSNA) au Tchad, dans la cellule de pré vulgarisation de la structure nationale de développement rural (ONDR). J'étais en relation avec les chercheurs de la station expérimentale de recherche sur le coton de l'IRCT (Institut de Recherche du Coton et des Textiles exotiques) de la station de Bébédjia et, dès la fin de mon VSNA, j'ai été recruté par le CIRAD en 1986. J'ai alors travaillé 11 ans consécutivement sur la protection phytosanitaire du cotonnier : 3 ans (au total) au Tchad (Bébédjia), puis 8 ans au Cameroun (Maroua). Je me suis spécialisé sur les insectes piqueurs suceurs du cotonnier, et particulièrement sur le Puceron du cotonnier, *Aphis gossypii*.

En 1994, je suis rentré à Montpellier, à la fois pour soutenir ma thèse de doctorat et aussi pour me préparer à une affectation au Paraguay (qui ne s'est jamais faite...). J'ai mis ce temps à profit pour acquérir de l'expérience : protection phytosanitaire du riz en Camargue, secrétariat de l'audit du Prifas, premières missions d'expertise, appui au directeur de mon unité de recherche (Entomologie appliquée).

J'ai ensuite été affecté une année en Nouvelle-Calédonie avec l'objectif de mettre en œuvre un programme de recherche en protection des cultures et des récoltes des fruits et légumes. Mes travaux de mise au point de traitements à la vapeur humide pulsée sur les fruits et légumes calédoniens, réalisés en collaboration avec le HortResearch (Nouvelle-Zélande), ont permis de démarrer leur exportation dans les pays du Pacifique Sud.

Je m'inscrivais durablement dans une dynamique scientifique nouvelle et passionnante quand on m'a alors « fortement incité » à présenter ma candidature au poste de chef du programme coton du Cirad, lors de la réforme mise en œuvre fin 1997. J'ai été finalement retenu sur ce poste et basé à Montpellier. J'ai alors, pendant 8 ans, enchaîné des fonctions de management et d'animation de la recherche, dans des domaines variés, avec des défis importants que j'ai eu à relever :

- Chef du programme coton du Cirad-ca (4 ans : fin 1997 – fin 1999).

J'ai réussi à coordonner la réorientation scientifique et la structuration des programmes de recherche : ceux-ci avaient en effet été toujours conçus de la même manière (disciplinaire) depuis les années 1970 avec un pilotage assez directif par le Développement. Au final, dès

la fin des années 1990, les programmes de recherches cotonnières ont été structurés selon une approche pluridisciplinaire et ont fait l'objet d'une démarche systémique et participative. Ils ont été mis en œuvre de manière cohérente à Montpellier et outre-mer ;

- Délégué scientifique (2PI : Pathologie et protection des cultures) à la Direction Scientifique (2 ans : fin 2002 – fin 2003).

J'ai significativement contribué aux premiers rapprochements des équipes du Cirad dans les domaines du végétal et de l'animal. J'ai en outre coordonné la conception de programmes de recherche sur les maladies émergentes avec les unités de recherche concernées (en création) et j'ai contribué à la mise en œuvre de ces programmes ;

- Directeur adjoint chargé des affaires scientifiques (DAAS) du département EMVT du Cirad (2 ans : fin 2003 – fin 2005).

Cette fonction m'a permis de poursuivre cette dernière inflexion. J'ai apporté un « sang nouveau » (un agronome) dans le « monde établi des vétérinaires », en développant des actions transversales du type « intégration agriculture-élevage » et en facilitant le rapprochement d'équipes « animales » et « végétales ».

Pendant ces années, j'ai aussi assuré des fonctions scientifiques et institutionnelles de premier plan :

- Représentant français dans le Réseau européen *IPMEurope* dont j'ai été le Président en 2003-2004 ;

- Représentant français de la Recherche auprès de l'ICAC (International Cotton Advisory Committee) ;

- Plenary Speaker lors de la 3^{ème} Conférence Mondiale de la Recherche Cotonnière en 2003 au Cap (Afrique du Sud), sur invitation du Comité scientifique.

Après 8 ans de gestion de la recherche, j'ai souhaité reprendre des activités de recherche. En effet, ma période de management et d'animation scientifique - qui m'a coûté en énergie, mais qui m'a apporté beaucoup d'expérience - m'a permis de prendre du recul par rapport au domaine de recherche dans lequel j'étais auparavant impliqué et dans lequel j'ai assuré une veille scientifique. C'est ce recul qui m'a permis de défendre, au Cirad et notamment lorsque j'étais à la Direction scientifique, une dynamique scientifique, nouvelle à l'époque, et prioritaire : l'agroécologie. J'ai été l'un des premiers agents du Cirad, si ce n'est le premier, à avoir explicitement affiché des objectifs d'investissement dans cette discipline, qui est aujourd'hui un

des axes prioritaires au Cirad : l'intensification écologique. Cette évolution dans mes activités apparaît dans le titre et le contenu d'un ouvrage que j'ai co-écrit et qui est paru en 2008 (version française) et 2009 (version anglaise) : « Protection des cultures : de l'agrochimie à l'agroécologie ». Cette formule définit également le fil conducteur de mon mémoire d'HDR.

En 2005, j'ai répondu favorablement à une opportunité de poste au sein de l'UMR PVBMT à La Réunion, selon un projet de recherche que j'avais soumis et qui était assis sur la protection agroécologique des bioagresseurs. Avant d'y être affecté, j'ai également eu la chance de pouvoir bénéficier, à ma demande, d'un « reformatage scientifique » en biologie de l'évolution et en écologie (M2R BEE de l'Université 2 de Montpellier), pour disposer des dernières connaissances dans ce domaine scientifique. J'ai pu m'apercevoir à quel point l'évolution de la Science est rapide.

Depuis mi-2006, je suis basé dans cette UMR PVBMT. Cette Unité Mixte de Recherche présente une situation exceptionnelle de travail et d'encadrement. Il s'agit d'une UMR hors métropole, située au cœur des écosystèmes insulaires, fragiles et divers, en milieu tropical. Les conditions de travail sont excellentes avec, d'une part, des terrains d'investigation et d'étude à proximité (véritables « laboratoires de campagne¹ ») et, d'autre part, des structures et des laboratoires de haut niveau (3P). L'unité dispose d'acquis et résulte d'une histoire de près de 50 ans de recherche en protection des plantes. Les équipes en place ont acquis une reconnaissance scientifique et représentent une assurance de qualité scientifique. Ce sont des conditions idéales pour encadrer des étudiants et, en particulier, des doctorants.

Dans cette UMR, je me suis investi sur le modèle biologique des Mouches des légumes (Diptera, Tephritidae) qui sont (étaient ?) les ravageurs majeurs de l'agriculture réunionnaise. En m'inspirant de travaux menés ailleurs dans le monde, notamment à Hawaïi, j'ai mis en place un programme de recherche basé sur l'acquisition de connaissances bioécologiques des communautés animales et végétales des systèmes horticolas en vue de proposer une protection agroécologique et durable de ces agroécosystèmes. Depuis, mes activités d'acquisition de connaissances se sont étendues à la biodiversité fonctionnelle de différents agroécosystèmes (Agriculture Biologique, Cucurbitaceae, agrumes, mangue) pour concevoir des techniques de protection basées sur l'insertion de biodiversité végétale (gestion des habitats). Des partenariats locaux se sont concrétisés dans des projets novateurs regroupant tous les acteurs de l'agriculture réunionnaise (projets GAMOUR, PROCAB, PAEC et BIOPHYTO) et permettant de valoriser les acquis de recherche. J'ai noué des collaborations scientifiques à tous les niveaux (local, régional, international).

¹ Le terme « laboratoire de campagne », auquel je fais plusieurs fois référence dans le document, correspond au concept décrit par Grison (1992). Dans ma perception, ce n'est évidemment pas la forme qui caractérise un laboratoire de campagne, mais l'esprit : réaliser des observations et des expérimentations en plein champ, dans des sites prédéterminés et suivis, puis analyser les dites données et compléter ces études par des observations et des expérimentations au laboratoire de l'institut (conditions contrôlées).

La gestion des habitats des arthropodes et la lutte biologique de conservation, qui sont deux piliers intimement liés de la protection agroécologique des cultures, constituent les fers de lance de mon projet de recherche pour les années à venir. Cette inflexion est déjà affichée dans les recherches intégratives des programmes de l'équipe. Mais elle est également envisagée dans des recherches cognitives d'écologie et d'entomologie, dans le cadre de deux thèses programmées. Ainsi, au sein des agroécosystèmes à base de manguiers, une thèse s'intéressera à la bioécologie du ravageur principal, la Punaise du manguiers, dont on ne sait presque rien ; une autre thèse, faisant suite à une étude pionnière réalisée dans le cadre d'un stage de M2R en 2012, portera sur la compréhension du fonctionnement de la guildes des prédateurs terrestres épiques.

En résumé, au cours des 27 années passées au service du Cirad, ma trajectoire scientifique peut se résumer ainsi :

Première phase (1985-1996) : actions de recherche appliquée sur le terrain en réponse à des problèmes concrets de défense des cultures (Tchad, Cameroun, Nouvelle-Calédonie)

Deuxième phase (1997-2004) : responsabilités de gestion et d'animation de la recherche à Montpellier, dans différents domaines (cotonnier, protection intégrée des cultures, élevage et médecine vétérinaire)

Troisième phase (2005-2008) : retour aux fondamentaux et maturation conceptuelle (formatage à l'écologie évolutive à Montpellier, rédaction d'un ouvrage sur l'agroécologie, préparation d'un projet de recherche à La Réunion)

Quatrième phase (2009-2012) : mise en application des conclusions de cette réflexion au sein de l'UMR PVBMT (La Réunion), conception et pilotage de projets de recherche innovants

2. Activités de recherche et d'encadrement

Introduction

Dans ce chapitre, est présenté un résumé des résultats de mes travaux de recherche, en m'appuyant sur les trois axes de ma démarche méthodologique, commune à toutes les situations prises en compte :

- conception et mise au point de méthodes d'observation et d'échantillonnage de populations d'insectes ;
- dynamique des populations de ravageurs ;
- conception et mise au point de techniques de protection.

On pourra noter dans ce chapitre une véritable évolution méthodologique entre la démarche expérimentale adoptée initialement en culture cotonnière en Afrique et celle actuellement mise en place sur la gestion des arthropodes des cultures fruitières et maraîchères. Cette évolution découle d'un changement de paradigme à l'occasion d'une réflexion prospective, lorsque j'étais en charge d'activités d'animation et de gestion scientifique, sur les orientations de la recherche phytosanitaire.

J'ai pris le parti d'illustrer ce chapitre essentiellement par des photos et des graphiques simples, de manière à en rendre la lecture plus facile et plus agréable. Les résultats détaillés sont bien sûr disponibles dans les publications citées en référence et listées dans le chapitre 4.

Dans le texte, il y a deux types de références :

- celles qui sont [orangées et indiquées par des chiffres entre crochets], ont été publiées au cours de ma carrière avec la collaboration de collègues ou d'étudiants que j'ai encadrés. Ces références renvoient à la liste des publications proposées dans le chapitre 4 (partie 4.1. Liste des publications et partie 4.2. Encadrement). Il s'agit des articles ou communications déjà publiés, mais aussi des publications soumises ou en préparation, de manière à montrer la dynamique actuelle de production scientifique.
- celles, présentées de manière classique, correspondent aux publications d'auteurs clés que j'ai prises pour illustrer l'état des connaissances sur les thèmes traités et discuter les résultats. La liste est présentée en fin de document.

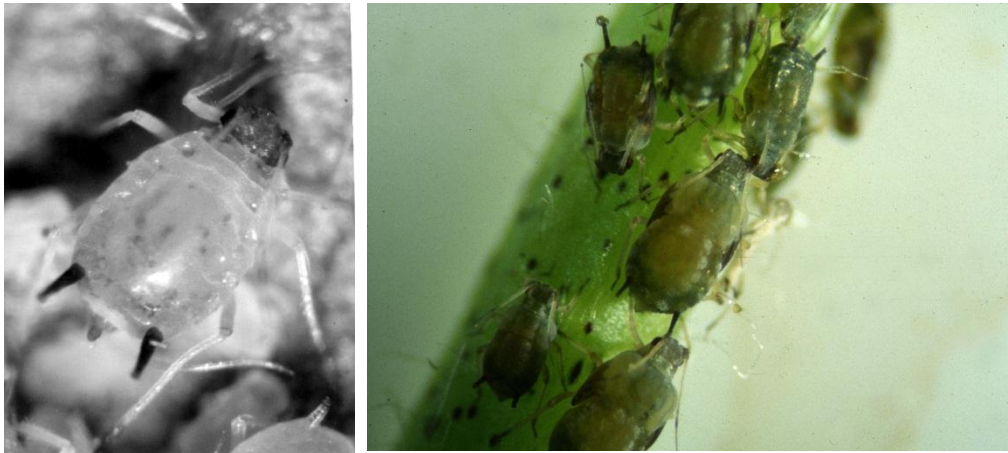
2.1. Techniques d'observation et d'échantillonnage des populations de ravageurs des cultures

Ces techniques sont principalement appliquées aux ravageurs du cotonnier et des cultures maraîchères. Elles visent la conception, la mise au point et la validation d'outils destinés soit à des études bioécologiques des modèles biologiques concernés, soit à des études de dynamique des populations, soit à la mise en œuvre de techniques d'échantillonnages des populations en milieu producteur.

2.1.1. Le Puceron du cotonnier

Dans les années 1980 et 1990, la recherche en protection phytosanitaire du cotonnier en Afrique était principalement liée à des enjeux de Développement : réduction des coûts dans des pays pauvres, baisse des quantités de pesticides épanchés. C'est aussi dans cette période que le concept d'IPM (Integrated Pest Management), appelé « lutte intégrée » en Afrique francophone, est apparu. Pour mettre au point une protection répondant à ces enjeux, il est apparu nécessaire de mettre au point des techniques d'observation et d'échantillonnage des principaux ravageurs du cotonnier.

Aphis gossypii Glover, 1877 est un déprédateur polyphage de nombreuses cultures de par le monde [4.1.5.3.]. C'est l'un des plus importants ravageurs du cotonnier, notamment en Afrique centrale. Les colonies de pucerons, que l'on rencontre essentiellement sur la face inférieure des feuilles, révèlent un polymorphisme prononcé. On recense simultanément des larves et des adultes, des formes ailées et des formes aptères (figures 1 et 2). *A. gossypii* est un animal qui se reproduit exclusivement par parthénogénèse sous les tropiques (Delattre, 1973). Le statut d'*A. gossypii* est passé de celui de déprédateur secondaire dans les années 1960 à celui de ravageur important dans les années 1980 [4.1.5.4.]. Les dégâts provoqués par ce puceron sont de trois types : dégâts trophiques engendrant un retard végétatif, dépréciation de la fibre de coton (« coton collant »), transmission d'une virose (« maladie bleue ») (Cauquil et Vincens, 1982). La protection du cotonnier est assurée par des applications foliaires de pyréthrinoïdes et d'organophosphorés. Cette protection, axée à l'origine sur les chenilles des capsules du cotonnier, ne donne pas satisfaction sur *A. gossypii*, malgré l'utilisation d'aphicides réputés efficaces, tels que le monocrotophos (Cauquil *et al.*, 1983).



Figures 1 (à gauche) et 2 (à droite). Différentes formes d'*A. gossypii* : adulte aptère (à gauche) ; larves à ptérothèques (à droite).

2.1.1.1. Piégeage des pucerons ailés

La connaissance des fluctuations et mouvements des ailés est indispensable pour comprendre certains mécanismes de la dynamique spatio-temporelle d'*A. gossypii*. Il existe différents pièges à pucerons (Taylor, 1951 ; Moericke, 1957 ; Quinn *et al.*, 1991 ; Thieme *et al.*, 1994). Dans notre étude, l'objectif est de concevoir une technique précise et facile à mettre en place sur le terrain. Ainsi, nous avons mis au point une technique originale de piégeage reposant sur l'utilisation d'étiquettes jaunes engluées sur lesquelles les pucerons ailés se posent et sont piégés (figure 3). Une unité de piégeage est constituée de 4 étiquettes, disposées en vis-à-vis, au milieu des arêtes d'un carré de 5 m de côté, sur une aire de 100 m² régulièrement désherbée. Les relevés sont effectués chaque matin, mais ne requièrent pas beaucoup de temps. Le dispositif de piégeage se révèle au final efficace, fiable, peut coûteux et simple à mettre en place sur le terrain [4.1.1.2.]. Sa vulgarisation a été proposée.



Figure 3. Etiquette jaune engluée où des dizaines de pucerons ailés sont piégés.

2.1.1.2. Contrôle visuel sur les cotonniers et échantillonnage en parcelle paysanne

En ce qui concerne les techniques par contrôle visuel, une gamme variée d'outils expérimentaux est proposée, qui répondent à la plupart des types d'études envisageables [4.1.14.5.]. Pour chacune des techniques, sont précisées les recommandations d'échantillonnage (environnement et taille de la parcelle, échantillonnage des plants dans la parcelle et des feuilles sur le plant), le rythme et la période des observations ainsi que les critères à utiliser. La technique que nous avons mise au point, dans le but d'estimer les infestations dans des parcelles paysannes, consiste à observer les 5 feuilles terminales de chaque plant [4.1.8.2. ; 4.1.14.3.]. Sur chaque feuille, en fonction de l'objectif visé, on peut noter la présence ou l'absence de pucerons dans le cas d'observations destinées à apprécier un seuil de nuisibilité. On peut également effectuer une cotation des populations pour une étude de leur dynamique spatio-temporelle dans des grandes parcelles en milieu producteur. Enfin, on peut aussi dénombrer le nombre de pucerons en distinguant les différentes formes (larve, adulte, aptère, ailé) dans le cas d'une étude fine de la structuration des populations.

En milieu producteur, les techniques d'échantillonnage visent à évaluer l'importance des effectifs ou des infestations (pourcentage de feuilles infestées), afin d'envisager une éventuelle intervention phytosanitaire [4.1.1.5.]. Deux tests d'échantillonnage sont proposés [4.1.8.2.]. Le test classique consiste à effectuer un sondage, afin de suivre l'évolution des infestations ou d'envisager une méthode d'intervention [4.1.14.6.]. Le test séquentiel, pour sa part, ne sert que dans cette deuxième perspective [4.1.14.3.]. Pour les deux types de test, la forme de l'échantillon des plants dans la parcelle répond à un certain nombre de conditions. Celle que nous préconisons consiste à observer des cotonniers sur une diagonale fictive de la parcelle, la condition essentielle étant que ces plants appartiennent à des lignes différentes, afin d'accroître l'indépendance entre ces observations. Cette forme est tout à fait différente de celle utilisée auparavant dans les études relatives à *A. gossypii* (Cauquil *et al.*, 1989).

Dans le test classique, la taille de l'échantillon est fixe, 25 cotonniers d'après nos résultats obtenus sur des milliers de comptages, aussi bien au Tchad qu'au Cameroun, sur 6 années, de 1988 à 1993 [4.1.11.14.]. Après l'observation, on fait la moyenne de l'infestation de cet échantillon. On la compare à un seuil (que l'on qualifie souvent de nuisibilité) : au-dessus, on peut envisager une intervention, qui n'est pas forcément chimique ; au-dessous, non. La fréquence d'infestation, estimée à partir de l'observation d'un tel échantillon, suit une loi proche d'une loi de probabilité connue, la loi binomiale. L'écart avec cette loi représente une surdispersion (variant entre 1,33 et 1,44), due aux différences d'infestations entre les lignes [4.1.8.2.]. La précision de l'infestation estimée dans un échantillon de 25 cotonniers, par rapport à l'infestation réelle a pu être calculée [4.1.11.14.]. Elle est de l'ordre de 10 %, ce qui est satisfaisant compte-tenu des conditions rencontrées par ailleurs.

Le principe du test d'échantillonnage séquentiel consiste à prendre, après chaque cotonnier observé, l'une des 3 décisions suivantes : intervenir, ne pas intervenir, continuer l'observation. Le nombre de cotonniers observés n'est donc pas déterminé à l'avance. Ceci repose sur l'existence de deux seuils : le seuil de tolérance, au-dessous duquel il ne faut pas intervenir ; le seuil d'intervention, au-dessus duquel il faut intervenir. L'une des principales difficultés est de fixer correctement la valeur des seuils, ce qui nécessite des études fines de la relation entre l'insecte et la plante. Entre ces deux seuils, la décision est incertaine et il est nécessaire de continuer l'observation. Par rapport au test classique, le test séquentiel permet en général de faire moins d'observations, surtout lorsque l'infestation est soit forte, soit faible, tout en conservant la même précision [4.1.11.15.]. Dans notre étude, nous proposons un test vulgarisable, avec un mode d'emploi, une fiche de terrain et des abaques de référence [4.1.8.2. ; 4.1.11.14.]. Il requiert néanmoins une formation et un suivi de la part des praticiens (techniciens agricoles, agriculteurs) [4.1.11.16.].

2.1.2. Autres ravageurs du cotonnier

Dans le cadre de la mise au point d'une protection chimique raisonnée avant chaque date d'application prévue selon un calendrier préétabli, des études ont porté sur la détermination de seuils d'intervention pour les chenilles de la capsule du cotonnier, dont *Helicoverpa armigera* (Lepidoptera, Noctuidae). Ils ont été conduits à partir d'observations réalisées dans des parcelles non traitées dans la zone cotonnière du Nord-Cameroun pendant 6 années (1989-1994). Nous avons précisé la loi de distribution spatiale d'*H. armigera*, débouchant sur un test d'échantillonnage séquentiel [4.1.1.6. ; 4.1.1.7.]. Les résultats de ces travaux ont été présentés dans le rapport d'HDR de Samuel Nibouche (2009), auquel est renvoyé le lecteur.

Des seuils d'intervention ont également été mis au point pour d'autres ravageurs du cotonnier : acariens, aleurodes, chenilles phyllophages [4.1.1.5.]. Ils ont pu ainsi être utilisés sur le terrain par les agriculteurs dans le cadre de programmes d'une protection raisonnée, appelée « lutte étagée ciblée » [4.1.3.7. ; 4.1.3.8.] et qui se sont étendus en 1993 sur plus de 60 000 ha de la zone cotonnière camerounaise. Ces systèmes ont été développés notamment pour des petits agriculteurs non lettrés, par exemple avec l'utilisation de « peg-boards », planchettes en bois permettant d'échantillonner les populations des ravageurs considérés (figure 4).



Figure 4. Agriculteur camerounais évaluant les populations de ravageurs du cotonnier à l'aide d'une planchette à cheville (peg-board).

2.1.3. Les Mouches des légumes

A La Réunion, quatre espèces de Dacinae (Tephritidae) s'attaquent aux cultures maraîchères (Quilici, 1994 ; Brévault et Quilici, 2007). Les dégâts causés sur les fruits par les larves peuvent atteindre 60 à 90% dans les parcelles non traitées (Vayssières et Carel, 1999). Trois espèces de mouches des légumes commettent des dégâts importants sur les cultures de Cucurbitaceae : *Bactrocera (Bactrocera) cucurbitae* (Coquillett) ou « Mouche du melon », *Dacus (Didacus) ciliatus* Loew ou « Mouche éthiopienne », relativement ubiquiste et *Dacus (Dacus) demmerezi* (Bezzi) ou « Mouche des Cucurbitaceae de l'Océan Indien » (Etienne, 1972) (figures 5 et 6). Les fruits des plantes-hôtes constituent la cible prioritaire des femelles : elles déposent leurs œufs sous l'épiderme des fruits, où les larves se développent. Les fruits piqués sont contaminés par des ravageurs secondaires qui accélèrent le processus de décomposition. Des études ont été menées sur la biologie et l'écologie des Mouches des légumes, et en particulier sur *B. cucurbitae* (Vayssières, 1999). La distribution des adultes Dacini est liée d'abord à des facteurs climatologiques favorables (ce qui se traduit essentiellement par deux variables : altitude et température) et à une disponibilité des plantes-hôtes dans des biotopes non encore exploités. Seize espèces de Cucurbitaceae, hôtes d'une ou de plusieurs espèces de Dacini ont été recensées (Vayssières et Carel, 1999). Les Cucurbitaceae sauvages constituent des plantes réservoirs hébergeant de nombreuses larves ; la margoise sauvage (*Momordica charantia*) représente le meilleur hôte sauvage par la superficie qu'elle couvre et par sa capacité à fructifier toute l'année. Pourtant, en 2008, en dépit de ces connaissances, lors du démarrage du plan national ECOPHYTO-DOM 2018, les Mouches des légumes sont considérées comme les ravageurs n°1 de l'agriculture réunionnaise.



Figures 5 (à gauche) et 6 (à droite). Femelle de *Bactrocera cucurbitae* pondant sur un fruit de chouchou (*Sechium edule*) (à gauche) ; femelle de *Dacus ciliatus* (à droite).

2.1.3.1. Observation des adultes sur des plantes refuges

Pendant longtemps, l'étude de la biologie et de l'écologie des Mouches des Cucurbitaceae a essentiellement reposé sur le recours à deux techniques (Quilici, 1994) ; [4.1.11.31.]). Le piégeage d'adultes utilise des paraphéromones sexuelles à base de cue-lure. Cette technique a des limites pour l'étude bioécologique des communautés : cet attractif n'est efficace que sur deux des trois espèces (*D. ciliatus* n'est pas attirée) et le piégeage n'agit que sur les mâles [4.1.1.10.]. L'autre technique utilisée consiste à récolter des fruits, piqués ou non, sur le terrain, puis à les ramener au laboratoire et, enfin, à les mettre en incubation pour l'obtention des pupes et des adultes (Vayssières, 1999). Cependant, les capacités de développement des espèces de mouches dans les fruits des espèces de Cucurbitaceae sont variables et ne reflètent pas forcément le niveau de population des mouches *in situ*. Par exemple, seule *D. ciliatus* se développe dans les fruits de chouchou [4.1.1.22. (en préparation) ; 4.1.11.38 ; 4.2.2.7.]. Par ailleurs, des études nous ont permis de confirmer que les adultes vivent le plus souvent en dehors des parcelles de Cucurbitaceae et qu'on peut les trouver facilement sur des plantes placées en bordure. Parmi ces plantes, le maïs s'est révélé la plante la plus attractive à La Réunion [4.1.1.13. ; 4.2.2.3.], confirmant ainsi d'autres résultats obtenus à Hawaii (McQuate *et al.*, 2003). Ainsi, pour pallier ces limites, nous avons mis au point une technique d'observation des adultes de Mouches des légumes par contrôle visuel. Elle a été conçue dans différentes situations de cultures, de 2008 à 2010 [4.2.2.3. ; 4.2.2.9. ; 4.2.2.10.] et consiste à dénombrer les mouches, en distinguant l'espèce et le sexe, sur les plantes cultivées dans la parcelle et sur des plants de maïs disposés en périphérie ou à l'intérieur de la parcelle cultivée (figure 7). La technique est adaptée aux études des communautés où les trois espèces de Mouches cohabitent, elle permet par exemple d'étudier les fluctuations saisonnières, les abondances relatives et les sex-ratios de ces trois espèces [4.1.1.14.].



Figure 7. Etudiante (Toulassi Atiama-Nurbel) dénombrant à vue les adultes de Mouches des légumes sur des plants de maïs.

2.1.3.2. Piégeage des adultes mâles de *B. cucurbitae* et *D. demmerezi*

Actuellement, les pièges à paraphéromones utilisés pour la surveillance des populations de *B. cucurbitae* et de *D. demmerezi* sont constitués d'un récipient, avec 4 ouvertures, contenant un attractif (cue-lure) et un insecticide (dichlorvos) [4.1.1.10.]. Bon nombre d'agriculteurs utilisent ces pièges comme méthode de piégeage de masse, sur la base de la technique M.A.T. (Male Annihilation technique). Pour répondre au cahier des charges de l'Agriculture Biologique et pour réduire l'utilisation des insecticides, nous avons mis au point un système de piégeage sans insecticide [4.1.11.34. ; 4.1.13.2.]. Ce système, inspiré d'un modèle du même type testé à Hawaii, utilise une bouteille plastique, facile à se procurer (type bouteille d'eau minérale) (Vargas *et al.*, 2008). Dans la bouteille, quatre trous sont faits et des tubes « type eppendorf » coupés à leur extrémité, sont placés. Ces perforations permettent aux mouches d'entrer mais elles ne peuvent pas ressortir du piège et finissent par mourir dans la bouteille, ce qui permet ainsi de se passer d'insecticide (figures 8 et 9). Le piège mis au point a été comparé au témoin [4.1.1.19. en préparation]. Compte tenu des bons résultats obtenus, ce système de piégeage est maintenant étendu à l'Agriculture « conventionnelle » et peut aussi être envisagé pour le piégeage de surveillance d'autres espèces de Mouches, notamment les Mouches des fruits [4.1.3.25. ; 4.1.5.12.].



Figures 8 (à gauche) et 9 (à droite). Piège à Mouches des légumes sans insecticide, constitué d'une bouteille d'eau, de 4 tubes percés et d'une paraphéromone de cue-lure (à gauche) (noter les cadavres de mouches au fond de la bouteille) ; deux mâles de *B. cucurbitae* entrant dans la bouteille par les tubes percés (à droite).

Etudiants encadrés ayant participé aux recherches portant sur « Techniques d'observation et d'échantillonnage des populations de ravageurs des cultures » (volontaires, M2 ou ingénieurs)

Amiot E. :	[4.1.15.11.]
Atiama-Nurbel T. :	[4.1.1.13. ; 4.1.1.14. ; 4.1.1.19. ; 4.1.1.22. ; 4.1.5.12. ; 4.1.11.34. ; 4.1.13.2. ; 4.1.13.3. ; 4.1.13.4 ; 4.2.2.3.]
Bonnet E. :	[4.1.11.40. ; 4.2.2.10.]
Douraguia :	[4.1.1.14. ; 4.1.1.41 ; 4.1.13.3 ; 4.1.13.4.]
François T. :	[4.1.1.22. ; 4.1.13.4. ; 4.2.2.7.]
Mur C. :	[4.1.15.12.]
Petite A. :	[4.1.11.40. ; 4.2.2.9.]
Tiberghien C. :	[4.1.15.13.]

2.2. Dynamique des populations de ravageurs

Les résultats présentés ci-dessous concernent le Puceron du cotonnier et les Mouches des Cucurbitaceae. La connaissance de la dynamique des populations de bioagresseurs est une étape préalable avant d'envisager des techniques de gestion de ces populations. La dynamique des populations est abordée dans le temps et dans l'espace, non seulement pendant la période de culture, mais également pendant l'inter-campagne où prévalent des conditions de vie difficiles pour ces ravageurs (saison sèche en Afrique centrale, hiver austral à La Réunion).

2.2.1. Le Puceron du cotonnier

2.2.1.1. Plantes hôtes

L'objectif de l'étude consiste à rechercher les plantes sur lesquelles *A. gossypii* se développe en dehors du cotonnier, notamment en saison sèche (octobre-avril). Un inventaire des plantes-hôtes a été effectué entre 1991 et 1994 dans la zone cotonnière camerounaise. Sur 1344 échantillons de plantes-hôtes hébergeant des colonies de pucerons, 302 espèces botaniques, appartenant à 63 familles et 192 genres, ont été recensées [4.1.7.1.]. Cet inventaire confirme la grande polyphagie de ce puceron et compte de nombreuses plantes nouvelles (150 espèces végétales) par rapport à l'état des connaissances antérieures (Higuchi et Miyzaki, 1969 ; Inaizumi, 1980 ; Roy et Behura, 1983). Le fait que la majorité des plantes hôtes soit recensée en saison sèche montre les capacités élevées d'adaptation de cet insecte dans des conditions de vie difficiles, voire défavorables.

Tous les types des plantes rencontrées au Nord-Cameroun sont concernés [4.1.1.3.]. On peut observer *A. gossypii* sur des cultures de contre-saison, telles que du sorgho de décrue, *Sorghum durra* ou l'oignon, *Allium cepa*, ainsi que sur des plantes vertes, telles qu'*Ipomea asarifolia*, rudérale omniprésente au Nord-Cameroun. De même, *A. gossypii* peut être hébergé sur des plantes ligneuses sempervirentes. C'est le cas de l'arbre à soie du Sénégal, *Calotropis procera*, qui est une Asclepiadaceae extrêmement répandue. Aux abords des villages ou des habitations, on trouve aussi *A. gossypii* sur des légumes en culture irriguée. De fait, par extrapolation, tous les milieux des zones soudano-sahéliennes offrent la possibilité à *A. gossypii* d'y passer la saison sèche [4.1.8.2.].

2.2.1.2. Fluctuations saisonnières

De manière générale, sur la base des résultats obtenus à partir des piégeages d'ailés et des dénombrements d'individus *in situ*, on enregistre deux pullulations sur les parcelles au cours de la campagne cotonnière [4.1.8.2.]. La première pullulation est systématique et est observée en début de campagne, généralement en août [4.1.1.1.]. C'est cette infestation qui provoque les dégâts trophiques. On enregistre aussi une deuxième pullulation en fin de campagne, mais sur certaines parcelles seulement [4.1.1.4.]. C'est cette infestation qui est à l'origine du collage de la

fibres. On retrouve cette deuxième pullulation sur des parcelles dont le feuillage est encore vert à cette époque, c'est par exemple le cas des semis tardifs. Mais il peut aussi s'agir d'une parcelle située sur un sol à forte capacité de rétention en eau par exemple. Les dates et l'intensité des pullulations peuvent être modulées par des facteurs tels que la nature du sol, la pluviométrie ou des conditions culturales. Entre les deux pullulations, les populations aphidiennes sont généralement faibles et sans incidence économique.

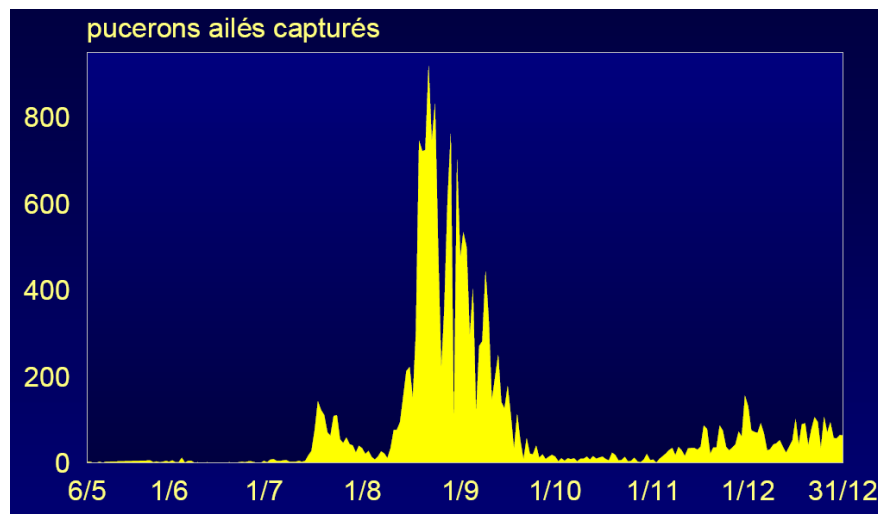


Figure 10. Evolution des captures d'adultes ailés d'*A. gossypii* pendant l'année (Maroua, Cameroun, 1993).

L'examen des captures de pucerons ailés apporte des informations complémentaires. La figure 10 représente l'évolution des captures dans une unité de piégeage située à Maroua en 1993. On enregistre « normalement » un pic très important en début de campagne, mais il est précédé d'un autre pic, beaucoup plus petit [4.1.1.2.]. Ce dernier correspond aux captures des ailés exogènes, ceux qui sont responsables de l'infestation primaire d'un champ. Les captures relevées au moment de la pullulation résultent de la production d'ailés endogènes, produits à partir des parcelles sur lesquelles se sont développés les adultes exogènes. En fin de campagne, après l'arrêt des pluies, les pucerons ailés capturés sont produits suite à la dégradation du milieu nutritif et aux déplacements de ces formes à la recherche de plantes hôtes sur lesquelles *A. gossypii* est capable de subsister jusqu'à la saison des pluies suivante [4.1.1.3.].

En saison sèche (octobre-avril), la production d'ailés est régie par les conditions nutritives des plantes sur lesquelles se trouvent les populations de pucerons. Par exemple, dès que l'on arrête l'irrigation d'une plante-hôte cultivée en saison sèche (*Hibiscus sabdariffa*), on note un flétrissement des plants et une augmentation du taux d'ailés [4.1.8.2.]. Ceux-ci s'envolent, généralement sur de faibles distances, à la recherche d'une nouvelle plante. Ceci se retrouve dans les captures de pucerons ailés, qui présentent une allure erratique et de faible amplitude en saison sèche (figure 10).

Il est donc possible de résumer le cycle du puceron au cours d'une année. *Aphis gossypii* est un puceron anholocyclique hétéroécique au Cameroun [4.1.5.4.]. Le cotonnier en saison des pluies est l'hôte principal. En début de saison sèche, le passage du puceron sur les plantes hôtes peut avoir lieu rapidement, si les conditions nutritives du cotonnier sont mauvaises, ce qui est le cas pour des cotonniers sénescents (figure 11) [4.1.8.2.].

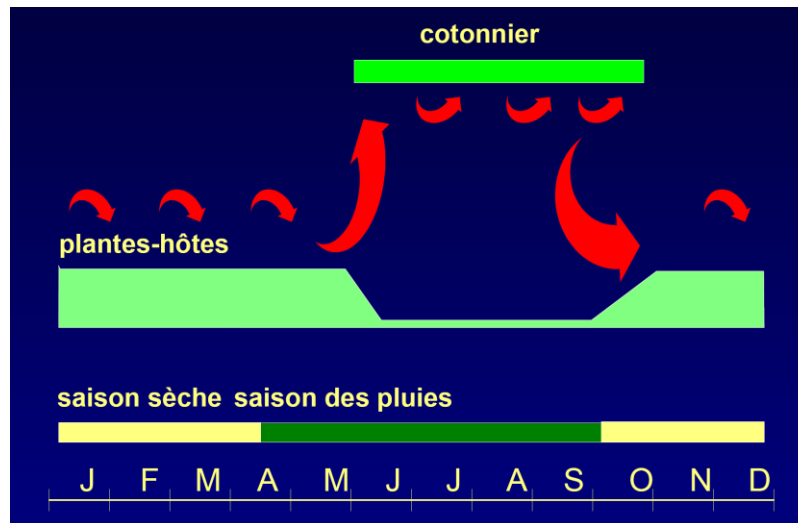


Figure 11. Représentation schématique de la présence d'*A. gossypii* sur les plantes au cours de l'année.

2.2.1.3. Structure des populations

La structure des populations de pucerons varie en fonction des conditions rencontrées (état de la plante, période de l'année) et de la phase de développement des populations de pucerons [4.1.5.3.]. La production d'ailés, dont la « raison de vivre » est la survie de l'espèce par recolonisation d'autres plantes, est liée à l'apparition de conditions particulières. La première cause est la surpopulation de pucerons en phase de pullulation, systématique en début de campagne mais qui peut aussi être observée en fin de campagne. A titre d'illustration (Maroua, Cameroun, 1991), lorsqu'on dénombre une densité de 33 pucerons par feuille de cotonnier, on note 25 % d'ailés parmi les adultes et 28 % de larves proto-ailées des 3^{ème} et 4^{ème} stades parmi les larves, alors que lorsqu'on dénombre une densité de 170 pucerons par feuille, les proportions sont respectivement de 76 % et de 40 % [4.1.8.2.]. La deuxième cause de production d'ailés correspond à une détérioration des conditions nutritives des plantes. En culture pluviale, cette modification a lieu en fin de cycle végétatif. En saison sèche, elle est fréquente, voire régulière, quel que soit le stade phénologique, sur les plantes-hôtes. C'est le cas présenté sur la figure 12, où, en fin de saison sèche, la chute des populations de pucerons sur une plante où les ressources nutritives sont dégradées (*Hibiscus sabdariffa* en fin d'irrigation) s'accompagne d'une production importante d'adultes ailés qui vont aller « rechercher » des plantes hôtes de meilleure qualité [4.1.8.2.].

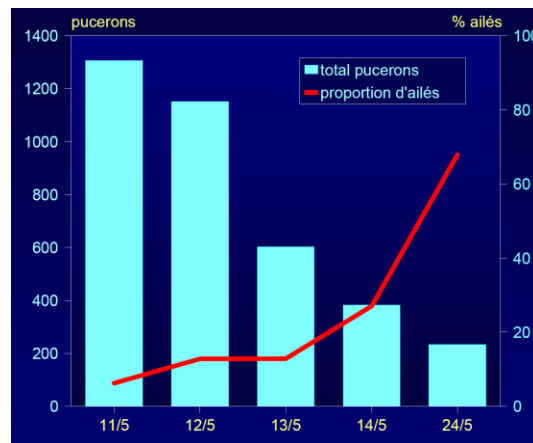


Figure 12. Evolution des effectifs et de la structure des populations d'*A. gossypii* sur *H. sabdariffa* après l'arrêt de l'irrigation (le 05/05/1993) (Meskine, Cameroun, 1993).

2.2.1.4. Dynamique spatiale

A l'échelle de la zone cotonnière, les captures de pucerons ailés apportent à nouveau de précieuses informations. La figure 13 représente leur évolution dans 5 localités en 1992 : Maroua et Mokong, situés dans le nord de la zone cotonnière, Djalingo au centre, Tcholliré et Ndock au sud de la zone cotonnière. On note des points communs entre les points septentrionaux d'une part et les points méridionaux d'autre part. Ces similitudes laissent supposer que la pullulation est régie par des facteurs régionaux [4.1.1.2.]. La pullulation de début de campagne a lieu plus tôt dans le Nord (Maroua, Mokong) que dans le Sud (Tcholliré, Ndock). Celle de fin de campagne peut être décelée dans les captures (Maroua) ou ne pas être observée si les parcelles de cette localité sont déjà défoliées. La situation de Djalingo est intermédiaire.

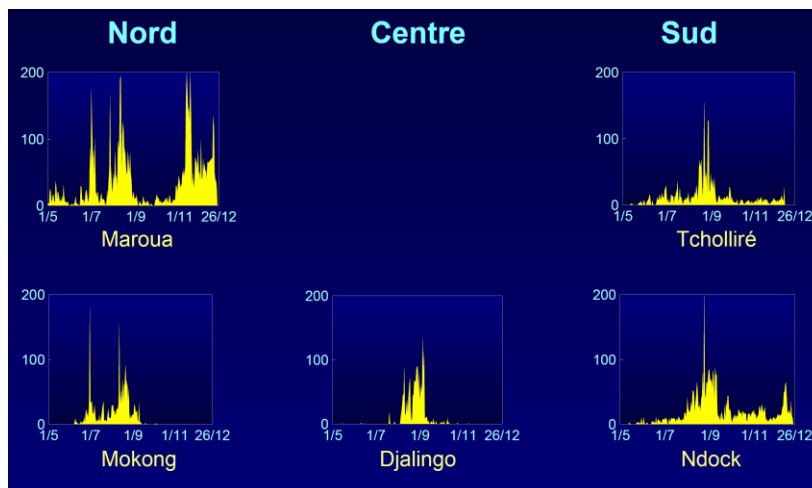


Figure 13. Evolution spatio-temporelle des captures d'adultes ailés d'*A. gossypii* dans cinq localités camerounaises pendant la campagne cotonnière 1992.

Plus précisément, si l'on examine les captures de mai et juin à Tcholliré et Ndock en 1992 (en jaune) et en 1993 (en vert) (figure 14), on note des similitudes remarquables. Les premières captures sont enregistrées les mêmes jours, alors que ces points sont distants de plus de 60 km. Ce qui est remarquable ce ne sont pas les dates, mais le fait que ce soit les mêmes dans les deux lieux.

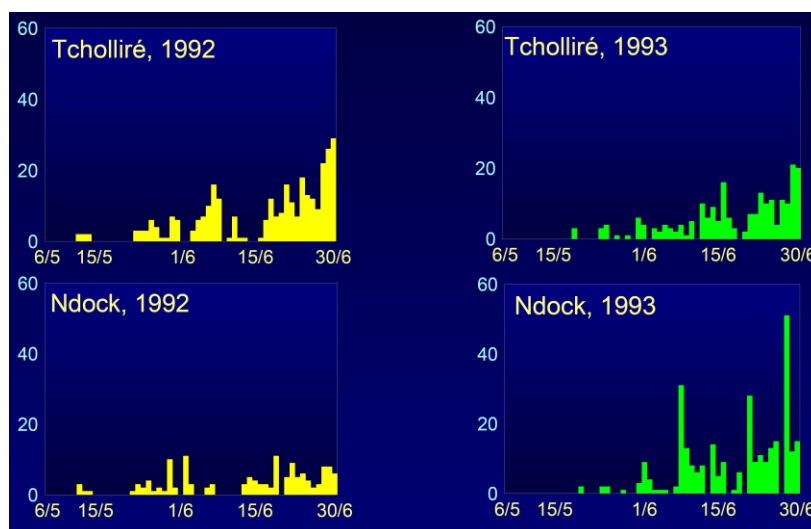


Figure 14. Evolution spatio-temporelle des captures d'adultes ailés d'*A. gossypii* dans deux localités distantes de 60 km au début des campagnes cotonnières 1992 et 1993.

Pour expliquer ce constat, nous avançons l'hypothèse du transport de formes ailées par les vents de mousson qui suivent le passage du Front Inter-Tropical (FIT) [4.1.1.2. ; 4.1.8.2.]. Le FIT, qui résulte de la rencontre de deux masses d'air anticycloniques, l'anticyclone de Sainte-Hélène au Sud et l'anticyclone du Sahara au Nord, se déplace du Sud vers le Nord de janvier à juillet. On peut penser que les premières captures observées en mai à Tcholliré et Ndock correspondent à l'arrivée d'ailés transportés par ces vents. Ce transport permettrait ainsi un renouvellement, certes partiel, mais annuel, des clones présents sur le cotonnier, ce qui est important à prendre en compte dans la conception d'une gestion durable des populations de pucerons.

En résumé, les déplacements localisés des pucerons ailés en saison sèche et en début de saison des pluies s'expliquent par la présence de nombreuses plantes-hôtes recensées à cette époque [4.1.1.3.]. Les ailés à l'origine de l'infestation primaire d'un champ de cotonniers pourraient avoir deux origines : si certains sont issus de plantes-hôtes où ils passent la mauvaise saison (vols de courte distance), d'autres pourraient venir de plus loin, transportés par les vents de mousson de saison des pluies (vols de longue distance observés dans le Sud). L'importance relative de ces deux types de pucerons pourrait dépendre de la latitude, donc des conditions climatiques. La dilution des pucerons "immigrés" dans les populations d'aphides "indigènes" représente un élément à prendre en compte dans la gestion des risques de résistance d'*A. gossypii* aux produits agropharmaceutiques utilisés [4.1.3.11. ; 4.2.2.1.]. La pullulation de début de campagne a lieu plus tôt dans le Nord que dans le Sud, bien que la mise en place de la culture cotonnière y soit

plus tardive. En saison des pluies, les conditions climatiques semblent jouer un rôle important dans le déclenchement des vols d'infestation, puis de la pullulation. De juillet à septembre, les mouvements d'ailés ont essentiellement un caractère régional, même si des vols de courte distance peuvent encore se produire. La pullulation de fin de campagne intervient généralement en octobre ou novembre et dure jusqu'à la défoliation complète des cotonniers, mais elle n'est pas systématique. Dans cette phase, ce sont des pucerons aptères endogènes qui sont à l'origine de cette infestation. Pour se développer, alors que les conditions climatiques redeviennent favorables (arrêt progressif des pluies, température moyenne de l'ordre de 25° C, humidité relative oscillant entre 40 et 60 %), ces pucerons doivent également trouver des bonnes conditions d'alimentation. Elles sont liées aux caractéristiques du milieu environnant, ce qui explique le caractère ponctuel du collage de la fibre [4.1.1.4.]. L'hétérogénéité spatiale des mouvements d'ailés à cette époque montre qu'il s'agit de vols locaux de courte distance.

2.2.1.5. Répartition et évolution des populations à l'échelle de la parcelle de cotonniers

A l'échelle de la parcelle, nos études ont surtout porté sur les phases de croissance lors des deux pullulations. Dans les deux cas, nous avons mis en évidence la propagation des formes aptères de cotonnier à cotonnier voisin sur une même ligne [4.1.8.2. ; 4.1.11.14.]. Elle est à l'origine du mode d'échantillonnage préconisé, puisqu'il prend en compte la dépendance intraligne et l'indépendance interligne.

Les observations ont été effectuées sur une parcelle de cotonniers d'un demi-hectare (soit une corde, 86 lignes de 71 m) dans la zone cotonnière du Tchad en 1986. Les observations ont porté sur les 5 feuilles terminales de chacun des 13 886 poquets. Sur chaque feuille, on a coté le nombre de pucerons de la manière suivante : 0 (pas de pucerons), 1 (de 1 à 10 pucerons), 2 (de 11 à 20 pucerons), 3 (plus de 20 pucerons). Ces observations ont été faites 19 fois, de manière hebdomadaire, du 19/08/1986 au 23/12/1986.

La figure 15 représente l'état d'infestation de la parcelle en question à 4 dates (28/10/1986, 04/11/1986, 11/11/1986, 18/11/1986) où chaque poquet est représenté [4.1.8.2.]. La taille du poquet est proportionnelle à l'importance de l'infestation. Lorsque le poquet n'est pas représenté, c'est qu'il n'est pas infesté. Le 28 octobre 1986 (en haut à gauche), dans des conditions de faible infestation (2 % de feuilles infestées), il y a des lignes ou des tronçons de lignes infestés au milieu de lignes ou de tronçons de lignes qui ne le sont pas. Une semaine plus tard, le 4 novembre (en haut à droite), l'infestation augmente (15 %). On observe encore mieux ce phénomène, lié au mode d'infestation des aptères par propagation de cotonnier à cotonnier voisin. Le 11 novembre (en bas à gauche), l'infestation est proche de 40 % et le phénomène s'amplifie. Le 18 novembre (en bas à droite), l'infestation est supérieure à 60 %. Ces cartes montrent bien de manière qualitative les modalités de propagation des pucerons aptères de cotonnier à cotonnier voisin sur une même ligne. La tache non infestée correspond à l'emplacement d'une termitière.

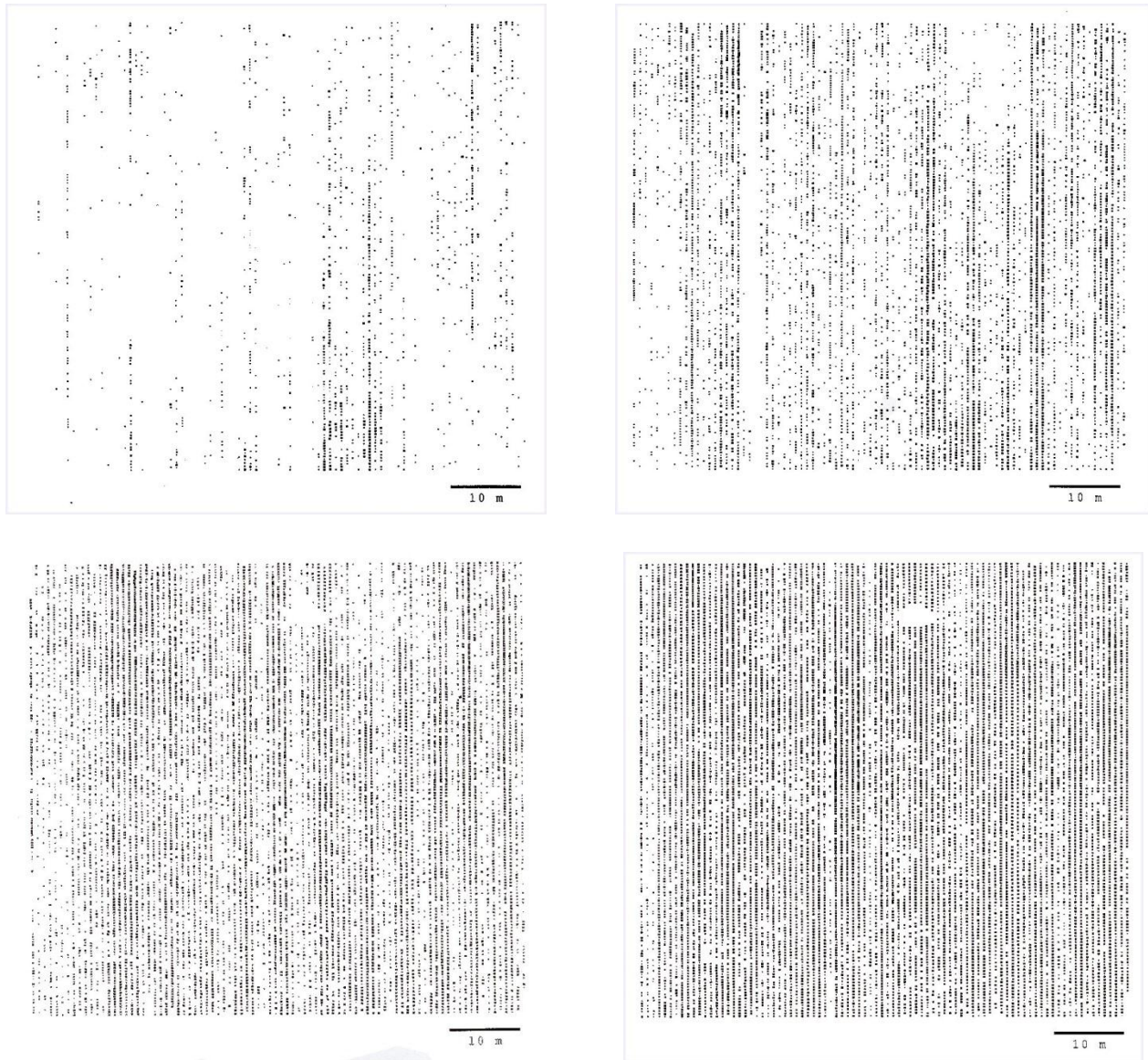


Figure 15. Cartographie de l'infestation d'une parcelle d'un demi-hectare (86 lignes de 71 m, soit 13886 poquets) à quatre dates (28/10/1986 en haut à gauche, 04/11/1986 en haut à droite, 11/11/1986 en bas à gauche, 18/11/1986 en bas à droite) (Bitanda, Tchad, 1986). Chaque poquet est représenté et la taille du point est proportionnelle à l'infestation.

Chacune des cartographies permet de constater les faits suivants :

- certaines lignes sont plus infestées que d'autres ;
- le long d'une même ligne, les infestations forment des agrégats ;
- il n'y a pas de taches d'infestation chevauchant plusieurs lignes contiguës [4.1.14.6.].

Ensuite, des calculs des variogrammes de l'infestation des poquets sont effectués. Le variogramme est utilisé en géostatistique pour caractériser la structure spatiale d'une variable régionalisée Z fonction de l'emplacement x . Quand une structure ou dépendance spatiale existe, plus deux emplacements x et $x + h$ sont éloignés, plus les deux valeurs $z(x)$ et $z(x + h)$ sont

différentes en moyenne. Quand la variable Z est stationnaire d'ordre 2, la moyenne du carré de l'écart entre deux valeurs $z(x)$ et $z(x + h)$ ne dépend que du vecteur h qui sépare les deux emplacements : c'est une fonction $2\gamma(h)$ qu'on appelle variogramme. En pratique, on utilise plutôt le demi-variogramme $\gamma(h)$, qui est homogène à une variance. Une dépendance dans l'espace se traduit par un demi-variogramme qui croît avec la longueur de h , alors que l'indépendance entre observations est caractérisée par un demi-variogramme plat.

Dans le cas présent, les demi-variogrammes sont calculés pour deux directions : N.-S. (Nord-Sud), où le vecteur h est perpendiculaire aux lignes de semis du champ et E.-O. (est-ouest) où le vecteur h est parallèle aux lignes de semis.

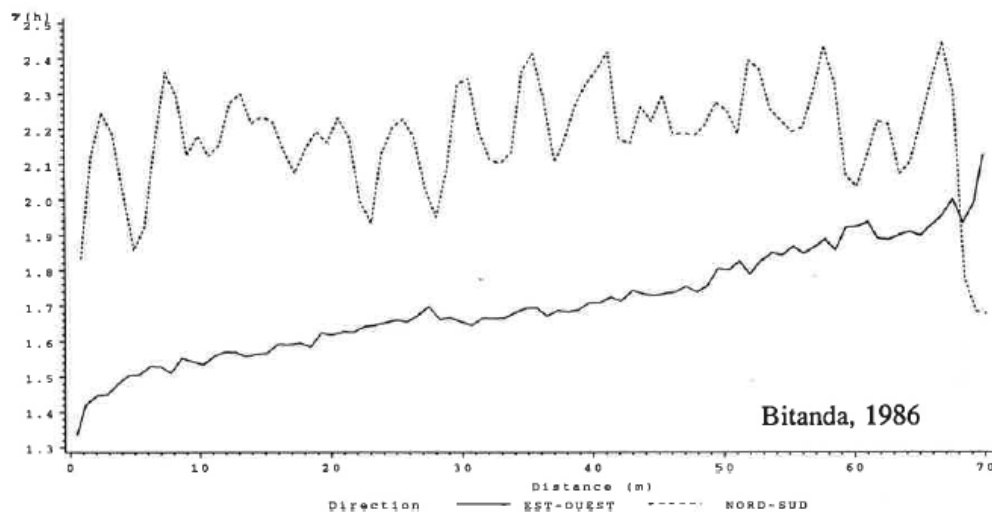


Figure 16. Demi-variogramme de l'infestation des cotonniers dans une parcelle de cotonniers d'un demi-hectare (71 lignes de 86 mètres, soit 13886 poquets) (Bitanda, Tchad, 11 novembre 1986).

A titre d'illustration, la figure 16 représente le demi-variogramme de l'infestation des cotonniers au 11 novembre 1986. Celui relatif à la direction E.-O. (en trait plein) a une allure croissante. Ceci montre que, sur une même ligne, plus deux poquets sont proches, plus leurs infestations sont semblables en moyenne. La présence d'agrégats le long des lignes s'explique par la propagation des pucerons entre plants voisins sur une même ligne. En revanche, le demi-variogramme N.-S. (trait en pointillé) ne présente pas d'allure croissante. Ceci indique que les infestations de deux poquets appartenant à des lignes différentes ne dépendent pas de la distance séparant ces poquets. Cette absence de corrélation montre l'absence de propagation des pucerons d'une ligne à l'autre. Cette étude met clairement en évidence une dépendance intra-ligne et une indépendance interligne qu'il convient de considérer dans le choix de la forme de l'échantillonnage des plants dans la parcelle [4.1.11.14. ; 4.1.14.3.].

2.2.1.6. Dynamique à l'échelle du cotonnier

A l'échelle du plant, nous avons mis en évidence deux types de flux (figure 17). Ceci est mis en évidence par des observations exhaustives des feuilles des cotonniers. Vers les feuilles jeunes, à la périphérie et en haut lors des phases de croissance. Vers le centre et le bas lors de la phase de décroissance [4.1.8.2.].

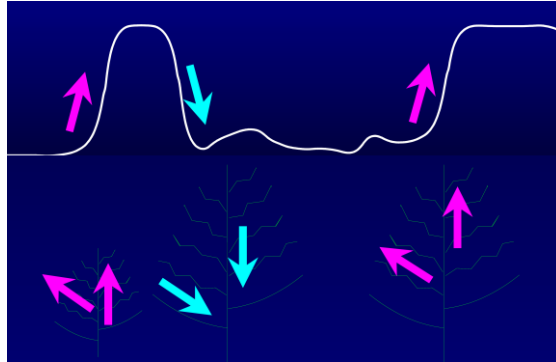


Figure 17. Représentation schématique du flux des populations de pucerons aptères sur le cotonnier en fonction de la phase de développement des populations.

2.2.2. Les Mouches des légumes

Les études relatives aux activités des mouches à l'échelle du système de culture et celles concernant les rythmes circadiens ont été conduites durant 3 années, sur différents lieux [4.2.2.3. ; 4.2.2.9. ; 4.2.2.10.]. La technique d'observation *in situ* (décrite dans la partie 2.1.3.1.) de dénombrement d'adultes des 3 espèces de Mouches des légumes a été utilisée, aussi bien sur les plantes cultivées (courgette ou citrouille) que sur des plants de maïs disposés selon des bordures autour des parcelles cultivées, ou encore en patches ou en bandes au sein des parcelles. La pertinence de choisir le maïs comme plante piège est discutée dans la partie 2.3.5.2.

2.2.2.1. Rythmes circadiens et activités des adultes à l'échelle du système de culture

Même si le maïs n'est pas une plante hôte des mouches, les observations *in situ* révèlent que les 3 espèces considérées (*B. cucurbitae*, *D. demmerezi* et *D. ciliatus*) y passent l'essentiel de leur temps. Les comptages horaires des mouches (de 7h00 à 19h00) montrent, quel que soit le jour d'observation, les résultats suivants [4.1.5.12. ; 4.1.11.33.] : (i) la quasi-totalité des mouches se retrouve tout au long de la journée sur les bordures de maïs et les niveaux de populations sur la courgette sont faibles ou quasi-nuls, à l'exception de quelques heures de la journée, différents selon l'espèce de mouche considérée (figure 18) ; (ii) alors que les mâles restent sur les bordures toute la journée, seules les femelles gravides migrent sur la parcelle de courgette cultivée à un moment de la journée dans le but de pondre (figure 19).

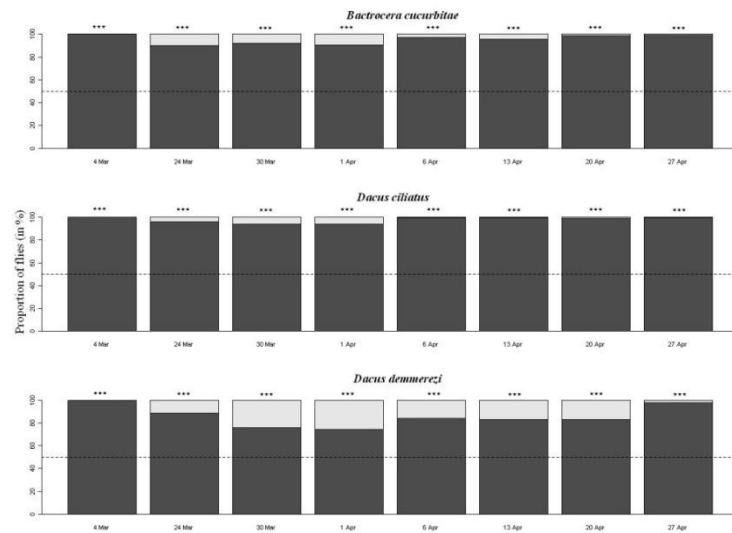


Figure 18. Répartition des adultes des trois espèces de Mouches des légumes sur une parcelle de courgettes (en gris clair) et sur des bordures de maïs (en gris foncé) au cours de la période de culture (mars-avril) (Tan Rouge, 2010). Noter la proportion significative de mouches sur la culture, correspondant à la période de présence de fruits de courgette (fin mars – début avril).

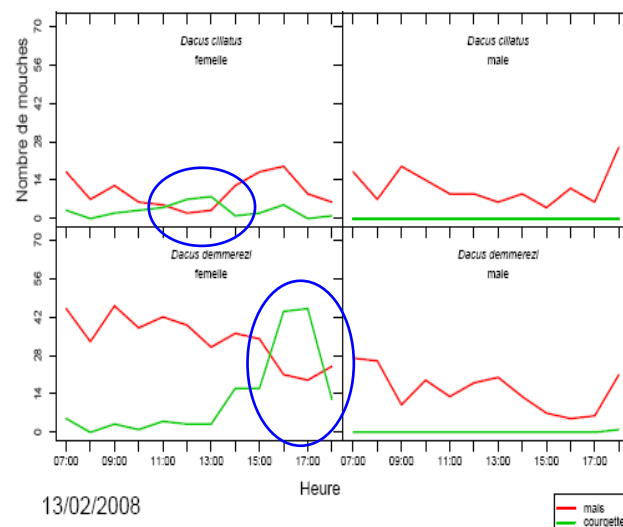
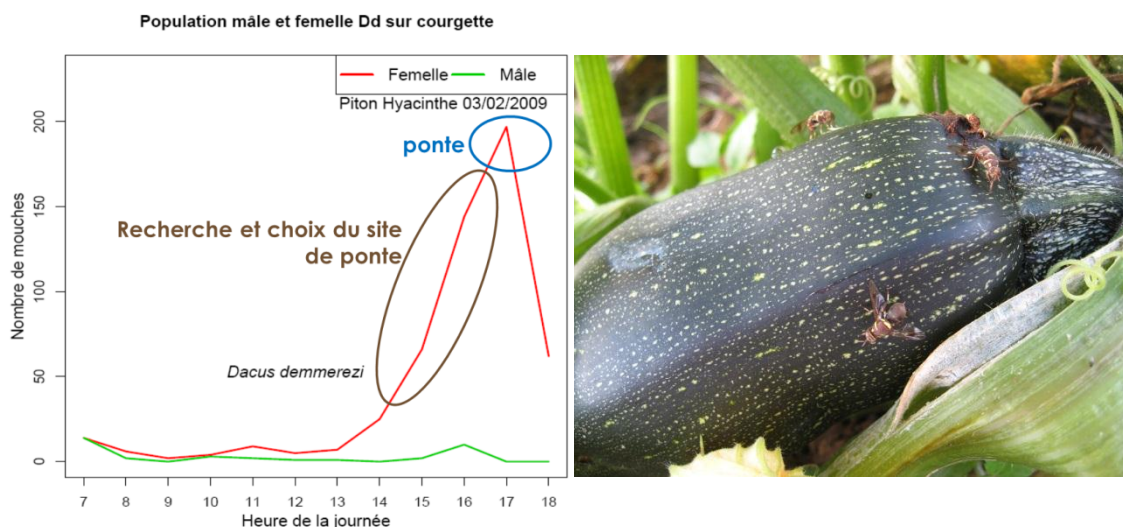


Figure 19. Evolution au cours de la journée des femelles (à gauche) et des mâles (à droite) de *D. ciliatus* (en haut) et de *D. demmerezii* (en bas) sur une parcelle de courgettes (en vert) et sur des bordures de maïs (en rouge) (Piton Bloc, 13 février 2008). Observer les pics de femelles sur la courgette (correspondant aux heures préférentielles de ponte)

Sur le maïs, les activités des mouches relèvent essentiellement du « roosting » (le terme roosting en anglais se traduit par « étant juché »). Les adultes s'abritent, se reposent, se déplacent en marchant, se protègent (contre leurs ennemis naturels et les conditions climatiques défavorables telles qu'un ensoleillement trop intense ou de fortes précipitations) ou s'alimentent (alimentation à base de miellat, de nectar, d'exsudats de maïs, de fientes d'oiseaux ou de pathogènes sur les feuilles) sur ces « roosting sites » (lieux de séjour) que représentent les plants de maïs. Il s'agit de la principale activité des adultes, toutes espèces confondues : 93 % des 3646 adultes observés en 2008 [4.2.2.3.], 99 % des 5749 adultes observés en 2009 [4.2.2.9.] et 96 % des 7227 adultes observés en 2010 [4.2.2.10.], soit en moyenne plus de 95 % des 16622 adultes dénombrés sur le maïs. En outre, les plants de maïs constituent le siège de certaines activités liées à la reproduction, telles les leks et les accouplements. Les leks, correspondant à des regroupements de mâles en vue d'attirer les femelles en vue de s'accoupler, sont observés majoritairement sous les feuilles de maïs et commencent pour les 3 espèces à partir de 17h00, en fonction de la photopériode et de la chute de l'intensité lumineuse [4.1.11.33.]. Les accouplements ont généralement lieu après les leks et dans la nuit, parfois jusqu'au petit matin.

Les observations horaires montrent que les trois espèces de Mouches des légumes présentent des rythmes circadiens, comme cela a été montré pour la Mouche de la tomate *Neoceratitis cyanescens* (Brévault et Quilici, 2007 et 2009). Les rythmes sont variables selon les trois espèces attaquant les Cucurbitaceae. Ces rythmes circadiens, essentiellement liés à des déplacements de femelles entre le maïs et la courgette, sont décelables sur les différentes figures proposées (18, 19 et 20). Les femelles gravides quittent en effet les plants de maïs pour aller pondre sur les fruits de courgette.

Ce sont majoritairement les femelles que l'on retrouve sur les fruits cultivés, les mâles restant majoritairement sur les plants de maïs. Après une période de recherche du site de ponte, celle-ci a lieu sur les fruits. Les heures de ponte varient selon les espèces et les observations conduites sur 3 ans montrent les tendances suivantes : les femelles de *B. cucurbitae* pondent entre 10h00 et 15h00 ; les femelles de *D. ciliatus* entre 10h00 et 13h00 et les femelles de *D. demmerezi* de 16h00 à 19h00 [4.1.11.33.]. La figure 20 montre l'évolution du nombre d'adultes (mâles et femelles) de *D. demmerezi* observés sur des fruits de courgette à différentes heures de la journée : on y distingue pour les femelles les heures consacrées à la recherche des sites de ponte et celles consacrées à la ponte au cours d'une journée (3 février 2009 à Piton Hyacinthe). La figure 21 illustre *in situ* ces observations.



Figures 20 (à gauche) et 21 (à droite). Evolution au cours de la journée des femelles (en rouge) et des mâles (en vert) de *D. demmerezi* sur une parcelle de courgettes (Piton Hyacinthe, 3 février 2009) (à gauche). Femelles de *D. demmerezi* se préparant à pondre sur une courgette (à droite).

2.2.2.2. Piégeage de mâles dans l'année

La figure 22 illustre l'évolution des captures pluriannuelles (de septembre 2009 à novembre 2011), à l'aide de paraphéromones de cue-lure, des mâles de 2 espèces des Mouches des légumes *D. demmerezi* et *B. cucurbitae* sur 3 villages (Entre-Deux, Petite Ile et Salazie) [4.1.1.20. ; 4.1.3.26. ; 4.1.11.41 ; 4.1.13.11.]. On observe de manière générale un pic de populations durant la saison chaude (été austral) et une baisse des populations durant le reste de l'année. Cette situation est étudiée plus en détail dans la suite, en hiver austral et en été austral.

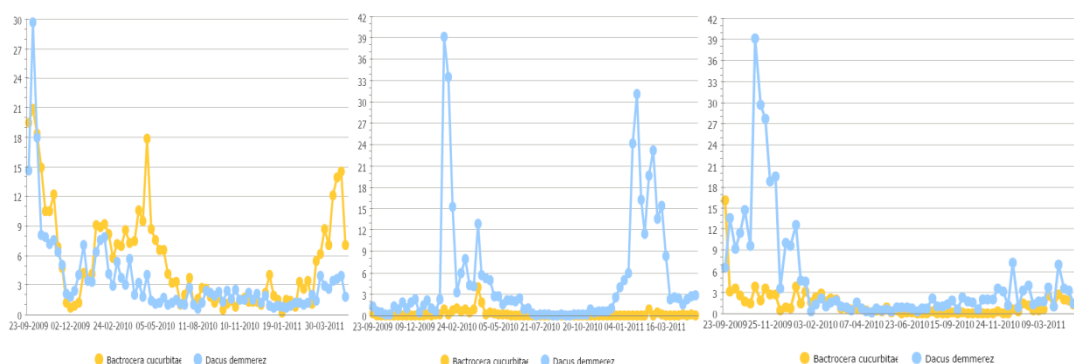


Figure 22. Evolution pluriannuelle des adultes mâles de *B. cucurbitae* (en jaune) et de *D. demmerezi* (en bleu) à Petite-Île (à gauche), Entre-Deux (au milieu) et Salazie (à droite).

2.2.2.3. Passage de l'hiver austral

Il a été constaté une diminution des dégâts et une diminution des populations de Mouches des légumes durant l'hiver austral à La Réunion (Vayssières, 1999). En conditions naturelles, Vayssières et Carel (1999) notent que la répartition altitudinale des mouches se modifie au cours de l'année et qu'il y a un repli partiel des populations de *Dacini* sur la côte (c'est-à-dire vers les bas, où les températures sont les plus fortes). Même si Dhillon (2005) constate que durant les mois les plus froids de l'hiver, les adultes de *B. cucurbitae* se « réfugient » sous des feuilles sèches de buissons ou d'arbres, on ne connaît pas à quoi sont dues ces diminutions de populations des mouches des légumes durant la saison fraîche. De telles connaissances permettraient de mieux gérer les populations en début d'infestation et, ainsi, de mettre en place une protection des cultures plus adaptée et efficace. En effet, il a été montré à Hawaï que gérer les populations de mouches en début d'infestation, permet de diminuer les dégâts sur les fruits (Vargas *et al.*, 2008).

Les deux hypothèses envisagées sont le maintien des individus sur place, dans l'état de diapause, ou de quiescence, ou bien la migration vers des zones plus favorables, à température plus élevée. Trois techniques ont été employées sur cinq exploitations maraîchères sélectionnées dans diverses zones climatiques : le piégeage, le prélèvement de fruits piqués, et le prélèvement de sol [4.2.3.7.]. Les résultats de piégeage et de prélèvements de fruits montrent une variation des niveaux de populations de Mouches des légumes au cours de l'année, et en particulier durant l'hiver, au cours duquel ils atteignent un minimum. A faible altitude, les effectifs restent relativement faibles durant la saison froide. L'hypothèse de la migration n'est donc pas celle que l'on privilégierait, bien que dans des expériences de marquage, il ait été prouvé que certaines espèces peuvent parcourir des distances considérables avant de trouver des hôtes convenables (Drew et Hooper, 1983) ; *B. cucurbitae* peut ainsi parcourir jusqu'à 200 km (Miyahara et Kawai, 1979). Cependant, sachant que la plupart des *Dacini* passe la saison défavorable sous leur forme adulte (Fletcher, 1987), et qu'à Hawaï il a été montré qu'à une température de 15°C, les adultes de l'espèce *B. cucurbitae* restent inactifs sous le feuillage (Nishida et Bess, 1957), l'hypothèse du passage de la saison froide sous la forme d'une quiescence semble probable [4.1.2.7.].

2.2.2.5. Evolution des populations pendant l'été austral

Nous avons étudié l'évolution des populations et certaines caractéristiques des communautés des Mouches des légumes présentes dans les agroécosystèmes par la technique de dénombrement d'adultes sur des bordures de maïs (voir partie 2.1.3.1.). Plusieurs caractéristiques ont été observées : fluctuations saisonnières des populations, abondance relative des différentes espèces, sex-ratio. L'étude a été menée sur trois ans au cours de l'été austral, là où les populations de mouches des Cucurbitaceae présentent un maximum d'abondance, et dans une gamme d'altitude (750 à 1150 m) correspondant aux principales zones de culture des Cucurbitaceae à La Réunion [4.2.2.3. ; 4.2.2.9. ; 4.2.2.10.]. Au total, cette étude a consisté en 147 heures d'observation et 18441 mouches ont été dénombrées [4.1.1.14.].

Les résultats ont montré une grande variabilité de la fluctuation saisonnière des populations en fonction des conditions locales (figure 23). Par ailleurs, l'abondance relative de *B. cucurbitae* est faible (<18%) pour les sites de plus haute altitude (au-dessus de 1000 m d'altitude), dans lesquels *D. demmerezi* est l'espèce la plus répandue (> 56%) (figure 24). L'abondance relative de *D. ciliatus* est variable selon les situations; c'est l'espèce majoritaire en culture de citrouille (54 %). Enfin, le sex-ratio est également très variable d'une espèce à l'autre et d'une situation à une autre (figure 25).

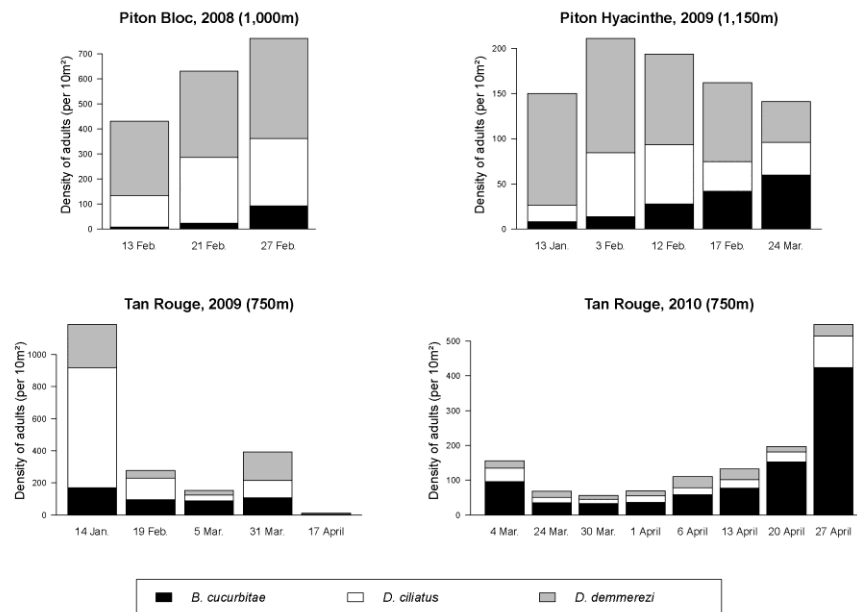


Figure 23. Fluctuations saisonnières des adultes des trois espèces des Mouches des légumes dans quatre agroécosystèmes de 2008 à 2010 [4.1.1.14.].

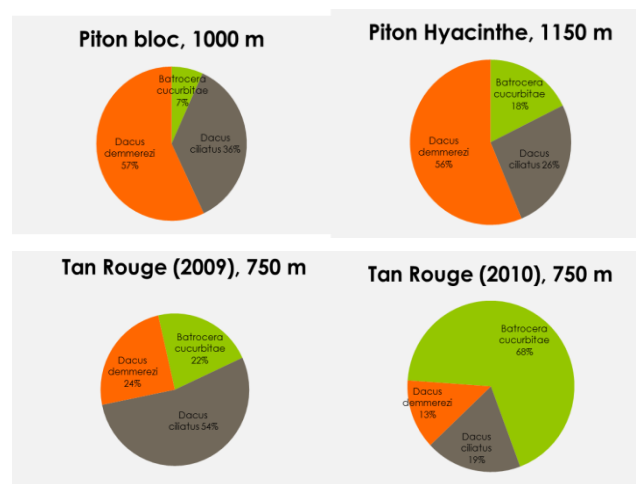


Figure 24. Abondance relative des trois espèces de Mouches des légumes dans quatre agroécosystèmes de 2008 à 2010 [4.1.1.14.].

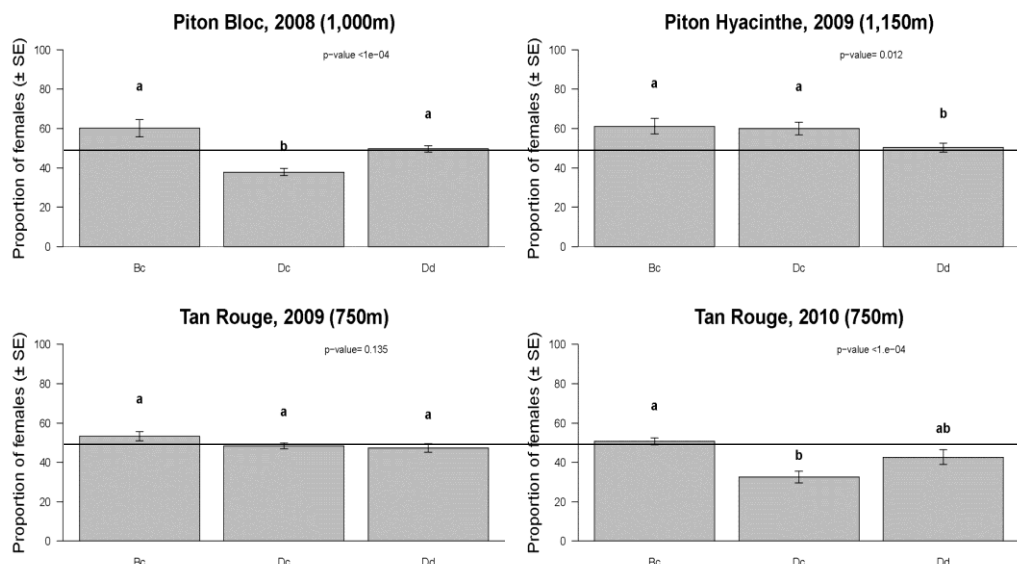


Figure 25. Sex-ratio of *Bactrocera cucurbitae*, *Dacus ciliatus* and *Dacus demmerezii* dans quatre agroécosystèmes de 2008 à 2010 [4.1.1.14].

Dans l'ensemble, l'évolution des populations dans l'espace et dans le temps, comme des caractéristiques bioécologiques telles que l'abondance relative ou le sex-ratio, sont très variables d'une situation à une autre. Cette variabilité s'explique par les effets cumulés de facteurs globaux au niveau du paysage et de facteurs locaux au niveau de la parcelle et du plant. Ces facteurs sont de deux types : abiotiques (altitude et conditions climatiques dont température, pluviométrie et humidité relative) et biotiques (type d'hôte, compétition intra et interspécifique, prédation et parasitisme, etc.) [4.1.1.14].

Etudiants encadrés ayant participé aux recherches portant sur « Dynamique des populations de ravageurs » (volontaires, M2 ou ingénieurs)

Amiot E. :	[4.1.15.11. ; 4.2.2.1.]
Atiama M. :	[4.1.2.7.]
Atiama-Nurbel T. :	[4.1.5.12 ; 4.1.11.33. ; 4.1.11.37. ; 4.2.2.3.]
Bonnet E. :	[4.1.11.33. ; 4.1.11.37 ; 4.2.2.10.]
Dupré E. :	[4.1.15.7. ; 4.1.15.8.]
Freulard J.-M. :	[4.1.15.9.]
Lavigne A. :	[4.1.2.7. ; 4.2.3.7.]
Montaldo T. :	[4.1.15.5. ; 4.1.15.6.]
Mur C. :	[4.1.15.12.]
Petite A. :	[4.1.11.33. ; 4.1.11.37. ; 4.2.2. 9.]
Tiberghien C. :	[4.1.15.13. ; 4.1.15.14.]

2.3. Conception de techniques de protection des cultures

L'importance des dégâts occasionnés aux cultures par les bioagresseurs contraint l'agriculteur à recourir à différentes mesures de protection. Parmi celles-ci, la lutte chimique à l'aide de pesticides de synthèse a longtemps été considérée comme la solution la plus efficace et la plus facile à mettre en œuvre, dans des conditions économiques supportables, du moins par une agriculture de type productiviste. Cependant ses effets secondaires sur l'environnement et sur la santé, ne s'avèrent pas compatibles avec une exploitation durable des agroécosystèmes, ce qui a été annoncé dès les années 1960 (Carson, 1962 ; Dorst, 1969).

Cette partie illustre l'évolution de mes recherches qui ont suivi l'évolution des pratiques de protection développées lors des 30 dernières années. Alors que les frontières ne sont pas réellement marquées dans le temps ni dans les concepts eux-mêmes [4.1.4.1.], nous verrons successivement des exemples de la lutte chimique raisonnée (chenilles du cotonnier), de la lutte intégrée (insectes piqueurs suceurs du cotonnier), de la production intégrée (« la nouvelle culture du cotonnier ») et de la protection agroécologique des cultures (Mouches des légumes).

2.3.1. Lutte chimique raisonnée : exemple des chenilles du cotonnier

La protection phytosanitaire du cotonnier a longtemps reposé (années 1970-1990) en Afrique francophone sur un programme de lutte chimique conseillée, reposant sur un calendrier de traitements, établi à l'avance en début de saison cotonnière. La campagne de traitements démarrait généralement dès le 45^{ème} jour après la levée et le nombre des interventions était de 4 à 6 traitements en moyenne, espacés de 14 jours [4.1.5.2.]. La technique d'application employée était l'UBV (Ultra Bas Volume) à 1 à 3 l/ha [4.1.3.1.] et les insecticides étaient essentiellement des associations de pyréthrinoïdes et d'organophosphorés (en formulations huileuses). La facilité et la rapidité d'exécution des traitements selon cette technique ont permis la maîtrise des ravageurs les plus dangereux, à savoir les chenilles des capsules localisées dans la partie supérieure des plants. Ainsi, le programme classique de référence était un programme de protection sur calendrier avec applications tous les 14 jours en UBV, à raison de 1 l/ha, de préparations prêtes à l'emploi.

Des progrès ont été réalisés avec l'introduction de la technique TBV (Très Bas Volume) à 10 l/ha [4.1.3.3. ; 4.1.11.2.]. Ceux-ci permettaient en effet de moduler les quantités de matières actives utilisées en fonction du niveau d'infestation. Ces pesticides, moins onéreux, se présentaient alors sous la forme de formulations en émulsion aqueuse concentrée.

La pulvérisation des substances actives à des doses inférieures à la normale dans le cas d'une fréquence accrue des applications (en passant de 14 jours à 7 jours par exemple) a été l'objet des mises au point successives suivantes. Sous le nom de programme en « dose-fréquence » [4.1.11.1.], on a préconisé la réduction des doses en augmentant la fréquence de leurs

applications. Les traitements sont alors réalisés chaque semaine en très bas volume (TBV) : 10 l/ha, avec un tiers de la dose prévue dans le programme classique en UBV à 1 l/ha. Ils prennent la forme de 8 à 12 applications sur calendrier, espacées de 7 jours, la première ayant lieu 45 jours après la levée avec, le plus souvent, des associations pyréthri-noïde-organophosphoré. Dans ces conditions, la réduction des quantités de substances actives utilisées permettait de réelles économies budgétaires.

Une innovation décisive fut apportée avec le programme dit en « lutte étagée », puisque les traitements y étaient déterminés en fonction d'observations au champ sur le risque réel encouru [4.1.3.14.]. Les applications étaient réalisées en TBV à 10 l/ha tous les 14 jours, chacune d'entre elles étant suivie, 7 jours plus tard, d'une observation de l'état sanitaire de la parcelle. Les types de matières actives utilisées restent déterminés à l'avance pour chaque traitement. À titre de sécurité, une dose réduite de matières actives est encore systématiquement appliquée lors des 4 à 6 traitements calendaires de base. Une forme plus élaborée de cette lutte dite étagée est dénommée « lutte étagée ciblée » ou LEC [4.1.11.16. ; 4.1.15.10.]. Il s'agissait toujours d'un programme de protection sur calendrier, où le choix des substances actives et celui des doses étaient faits d'après les observations sur l'ensemble des ravageurs dans les parcelles de culture elles-mêmes [4.1.3.7.].

Deux procédures différentes pouvaient être mises en œuvre. Dans le premier cas, les observations étaient effectuées la veille de traitements calendaires positionnés tous les 14 jours à partir du 45^{ème} jour après la levée : les modalités du traitement (nature et dose des matières actives) étaient alors définies sans modifier leur nombre par rapport au programme classique. Dans le second cas, les observations au champ étaient réalisées 6 jours après le traitement calendaire utilisant les demi-doses des matières actives par rapport au programme classique : en cas de besoin, il était possible d'engager une application supplémentaire 7 jours après le précédent traitement calendaire (également avec les demi-doses des matières actives). Au total, le nombre théorique de traitements variait donc au minimum de 4-6, à 8-12 dans le cas extrême où des applications intermédiaires s'étaient révélées nécessaires. La facilité d'utilisation des appareils de traitement et l'économie assurée par une réduction des quantités de substance active pouvant atteindre 40-50 %, ont assuré le succès de cette stratégie, principalement au Cameroun et au Mali [4.1.3.8.]. La figure 26 montre les très bons résultats de la LEC en milieu producteur au Cameroun dans les années 1990 [4.1.11.8.]. Cependant les difficultés induites par la nécessaire appropriation par des petits producteurs, le plus souvent semi-illettrés, des nécessaires opérations d'échantillonnage des ravageurs au champ, comme du choix des matières actives et de leur dosage, n'étaient toujours pas résolues pour autant. C'est pourquoi les promoteurs de ces programmes ont tenté de les amender, sous la forme d'une lutte étagée ciblée simplifiée. Celle-ci limitait les observations au champ au seul ravageur majeur des capsules *H. armigera*. En effet, il avait été montré parallèlement que les autres ravageurs majeurs (pucerons et aleurodes) ne pouvaient être contrôlés par des traitements insecticides chimiques (voir parties 2.3.2. et 2.3.3.). En outre, des

ateliers d'apprentissage à ces nouvelles techniques, qu'il s'agisse des opérations d'échantillonnage, d'homogénéisation des dates de semis, comme d'approvisionnement et de gestion des stocks de pesticides, ont été organisés dans les villages.

Cette stratégie de lutte chimique raisonnée a été reconnue comme l'une des causes possibles de la manifestation différée, jusqu'en 1996-1998, de phénomènes de résistance aux pyréthrinoides dans les populations de chenilles des capsules, à la différence des phénomènes observés dans les autres parties du monde [4.1.3.15.].

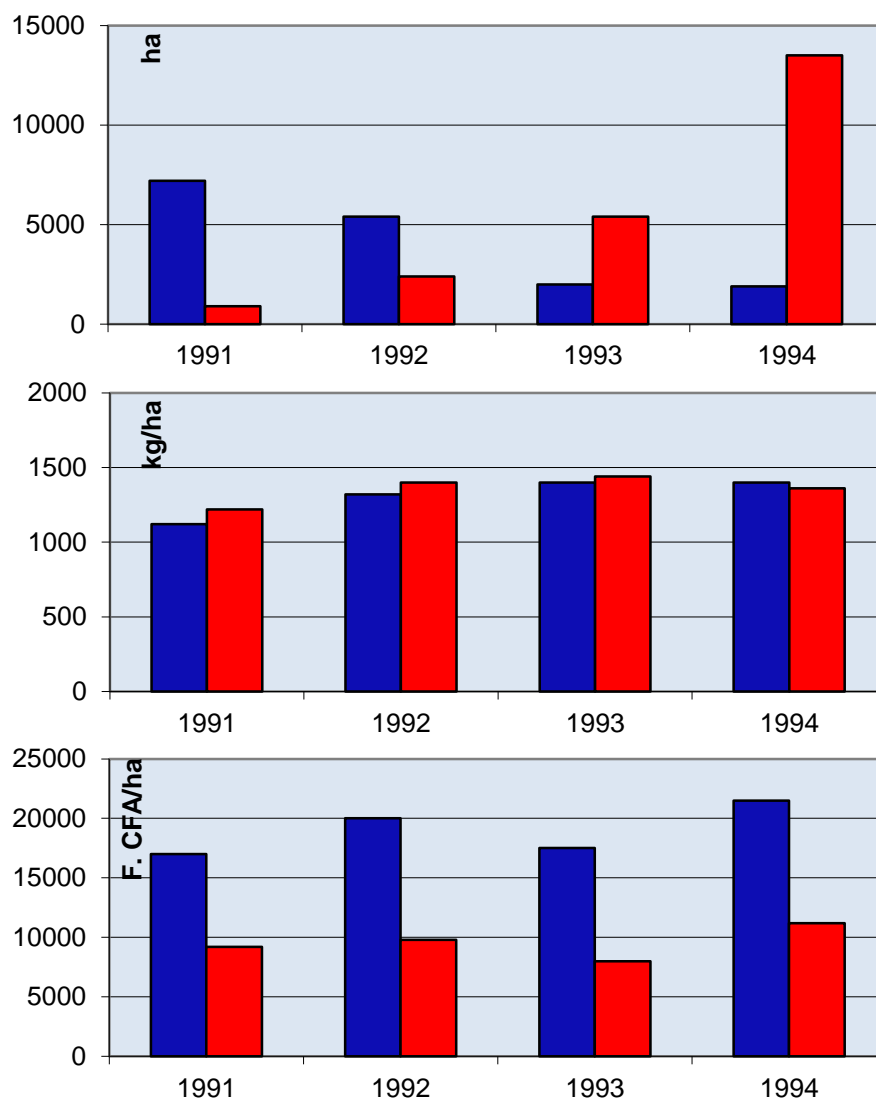


Figure 26. Performances de la Lutte Etagée Ciblée en culture cotonnière de 1991 à 1994 dans la région agricole de Touboro au Cameroun. LEC en TBV (en rouge) par rapport au programme sur calendrier en UBV (en bleu). Surfaces (en haut), rendements (au milieu) et coûts (en bas) (données SODECOTON).

2.3.2. Lutte intégrée : exemple du Puceron du cotonnier

La lutte chimique contre le puceron du cotonnier (*Aphis gossypii* Glover) a été longtemps recommandée en Afrique centrale (Cauquil *et al.*, 1983). Cependant, au début des années 1980, compte tenu du statut et des caractéristiques biologiques d'*A. gossypii* ainsi que de l'inefficacité de la protection aphicide chimique effectuée, des éléments s'inscrivant dans le concept d'une véritable lutte intégrée ont été recommandés [4.1.5.3. ; 4.1.11.4. ; 4.1.11.5. ; 4.1.11.9.]. Ils ont visé à répondre aux critères suivants : efficacité, coût, respect de l'environnement, adaptabilité aux conditions locales.

Déjà préconisé pour des raisons agronomiques, mais dépendant des aléas climatiques, le semis précoce est la méthode de lutte la plus efficace sur les deux types de dégâts d'*A. gossypii*, ceux de début de campagne et ceux de fin de campagne. [4.1.5.9.].

La lutte intégrée contre *A. gossypii* en début de campagne repose sur des traitements de semences à l'aide d'aphicides systémiques [4.1.1.1.]. En effet, la protection chimique des semences permet de réduire efficacement les dégâts trophiques d'*A. gossypii*. Cette méthode est opportune pour des semis peu précoces, particulièrement sensibles aux infestations, si le potentiel de production de coton-graine permet de rentabiliser l'opération. Mais la protection des semences peut être recommandée pour l'ensemble des surfaces, compte tenu de l'intérêt qu'elle procure sur les ravageurs présents à la levée. Avant le 45^{ème} jour après la levée, la réalisation d'applications foliaires ciblées, voire d'un traitement du sol, ne sont pas à exclure, mais il s'agit de solutions moins efficaces et moins élégantes que la protection des semences, même si elles sont réalisables sur avertissement [4.2.3.3.].

Avant notre étude, la seule protection dirigée contre *A. gossypii* consistait à utiliser des aphicides lors des applications foliaires en milieu de campagne, qui étaient principalement dirigées vers les ravageurs des organes fructifères. Or, ces populations aphidiennes n'ayant alors pas d'incidence économique, cette protection ne se justifie donc pas. Elle se justifie d'autant moins qu'elle a un certain nombre de limites ou d'effets secondaires néfastes. Premièrement, l'efficacité de ces matières actives est limitée par le piètre recouvrement des techniques d'applications vulgarisées (Ultra Bas Volume, Très Bas Volume) [4.1.3.1. ; 4.1.3.2. ; 4.2.3.1.] ou importées d'Europe (Electrodyn) [4.2.3.2.]. Par ailleurs, les organophosphorés aphicides utilisés auparavant, tels que le monocrotophos, étaient particulièrement toxiques sur la faune utile et présentaient des risques importants d'intoxication des utilisateurs (rappelons qu'en Afrique, les traitements phytosanitaires sur le cotonnier étaient souvent effectués par des enfants) [4.2.3.4.]. De plus, certaines observations faisaient craindre une évolution de la sensibilité d'*A. gossypii* aux insecticides [4.1.3.11. ; 4.2.2.1.]. Enfin, des observations originales montraient que les auxiliaires potentiellement présents voyaient leurs populations diminuer en présence de traitements insecticides selon le programme classique [4.1.3.5. ; 4.2.3.5.].

En milieu de campagne, les populations d'*A. gossypii* sont peu dangereuses et régulées naturellement par des champignons entomopathogènes (*Neozygites fresenii*) [4.1.11.6.]. Les traitements chimiques aphicides tels qu'ils étaient réalisés à cette époque se révélaient inutiles, inefficaces et coûteux. De plus, ils utilisaient des matières actives particulièrement toxiques. Nous avons donc purement et simplement recommandé leur suppression.

En fin de campagne, trois voies peuvent être considérées pour réduire l'incidence économique des pucerons (figure 27) [4.1.1.4.]. La première est la récolte précoce, limitant le temps d'exposition des capsules aux miellats. La pratique d'une récolte précoce permet de réduire efficacement le collage de la fibre. Les acteurs de la filière y sont déjà sensibilisés mais les producteurs ne sont guère motivés, puisqu'à cette époque leur production est assurée. La seconde vise à supprimer les pucerons. Cette voie a été envisagée pendant quelques années au Cameroun, au moyen d'applications foliaires aphicides. Ceci s'est révélé inefficace. La troisième est de supprimer ou réduire le support alimentaire des pucerons en fin de cycle. Nos études montrent que l'étêtage manuel est la technique la plus adaptée aux conditions locales. Il s'agit de couper le bouquet terminal des cotonniers à l'aide d'une serpette, outil fabriqué par les forgerons dans tous les villages de brousse. Cette opération doit être raisonnée. En effet elle ne concerne que les parcelles encore vertes et en voie d'infestation, ce qui ne représente qu'une partie des surfaces totales. L'étêtage est une technique culturale réaliste, efficace et respectueuse de l'environnement. Cependant, elle requiert de la part de l'encadrement un suivi important sur le terrain.

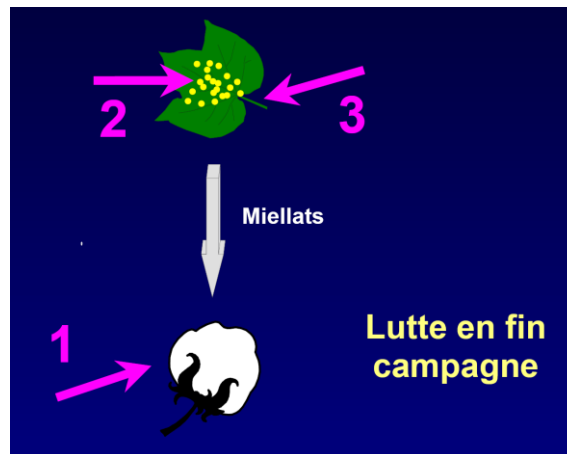


Figure 27. Les trois voies envisageables pour lutter contre les dégâts d'*A. gossypii* en fin de campagne cotonnière.

Par ailleurs, l'influence directe de la plante peut être liée à l'effet d'un caractère variétal. Le caractère "feuilles okra" correspond à une réduction de la surface des feuilles. Il permet effectivement de limiter les effectifs lors des fortes infestations, mais, comme la densité de pucerons est finalement la même, il n'est pas suffisant pour réduire significativement les dégâts (par exemple le collage de la fibre) [4.1.7.2.]. Une autre influence peut provenir de la richesse des feuilles en certains éléments (acides aminés, sucres, substances phénoliques) [4.1.12.5.].

Enfin, la suppression des traitements insecticides que nous recommandons contre le Puceron du cotonnier permet de préserver les arthropodes utiles associés. Si on les examine chronologiquement au cours du cycle, les fourmis considérées comme des insectes favorables aux pucerons sont observées lors de l'apparition de ceux-ci, voire avant, participant ainsi à l'installation de certaines colonies sur les cotonniers. Les prédateurs, représentés essentiellement par des coccinelles (figure 28), des syrphes et des Névroptères réagissent en revanche avec un léger décalage aux pullulations de pucerons et ne semblent pas avoir un impact significatif, leur taux intrinsèque de reproduction étant nettement moins important que celui des pucerons. Ce n'est pas le cas du champignon *Neozygites fresenii*, qui est une Entomophthorale. Il est responsable de la chute spectaculaire des effectifs de pucerons en milieu de campagne, en pleine saison des pluies [4.1.11.6.]. Enfin, les parasitoïdes sont essentiellement observés en fin de campagne, une fois la saison sèche installée (figure 29). Les études sur les organismes associés n'en sont qu'à leurs débuts.

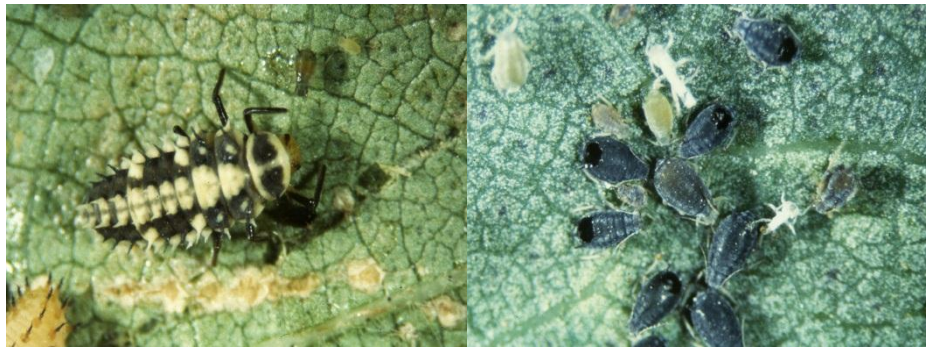


Figure 28 (à gauche) et 29 (à droite). Régulation des populations d'*A. gossypii* : prédation par une larve de *Cheilomenes vicina* (à gauche) ; parasitisme par *Aphelinus sp.* (à droite).

Au final, nos études apportent des éléments de lutte intégrée qui ont été recommandés et suivis avec succès (figure 30) [4.1.3.6. ; 4.1.5.9. ; 4.1.8.2. ; 4.1.11.4. ; 4.1.11.5. ; 4.1.11.9.].

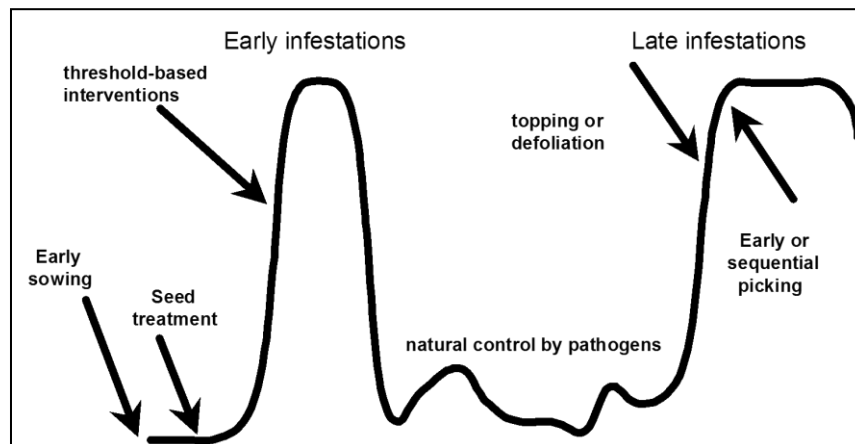


Figure 30. Lutte intégrée contre *A. gossypii* sur cotonnier en Afrique centrale [4.1.5.9.]

2.3.3. Extension de la lutte intégrée contre *A. gossypii* à l'aleurode *B. tabaci*

Comme le Puceron du cotonnier, l'aleurode *B. tabaci* est devenue lors de la décennie 1990 un ravageur majeur du cotonnier, comme de nombreuses autres cultures [4.1.3.18. ; 4.1.9.11.]. Ces deux insectes ont présenté dans cette période des pullulations élevées, engendrant des dégâts importants en culture cotonnière. Les principes de lutte intégrée envisagés contre *A. gossypii* ont été étendus à *B. tabaci* [4.1.3.18. ; 4.1.5.7. ; 4.1.7.7. ; 4.1.9.1. ; 4.1.11.22. ; 4.1.11.25.].

L'hypothèse est avancée que le changement de statut de ces insectes piqueurs suceurs est la conséquence d'une rupture de l'équilibre établi initialement entre eux, leur environnement végétal ainsi que le cortège fourni et diversifié d'ennemis naturels (prédateurs, parasitoïdes, champignons entomopathogènes) [4.1.3.16. ; 4.1.3.17. ; 4.1.3.20. ; 4.1.3.21.].

A. gossypii et *B. tabaci* sont distribués dans la plupart des régions cotonnières du monde ; ils sont très polyphages et ont une gamme très élevée de plantes hôtes, ce qui leur permet de passer assez facilement d'une culture à une autre, ou d'une plante à une autre en fonction des conditions. Ces insectes sont aussi capables de se reproduire à une grande vitesse et sont doués d'une extraordinaire capacité d'adaptation au milieu, aussi bien pour leur cycle biologique que pour leur mode de reproduction. Enfin, ils sont capables de développer rapidement des résistances aux insecticides et montrent une diversité morphologique remarquable ainsi qu'une forte variabilité intra-spécifique.

Outre ces caractéristiques bioécologiques communes, plusieurs raisons peuvent être avancées pour expliquer le changement de statut de ces insectes : évolution des facteurs abiotiques de l'environnement, en particulier le déficit pluviométrique observé dans de nombreuses régions tropicales depuis les années 1970 ; évolution des pratiques agricoles, notamment l'augmentation des surfaces cotonnières et maraîchères ; évolution des itinéraires techniques, des pratiques culturales et des modalités de protection phytosanitaire ayant engendré la rupture de l'équilibre préexistant dans l'entomofaune ; utilisation massive de produits insecticides en cultures maraîchères. On s'accorde à reconnaître que les différentes techniques de lutte mises en œuvre, essentiellement basées sur l'utilisation de pesticides, ont montré leurs limites et ont largement dégradé les équilibres préexistants.

Ce diagnostic, difficile en raison du nombre de causes possibles, permet paradoxalement d'inventorier les principaux paramètres à prendre en compte pour concevoir à terme une gestion durable des populations d'insectes, dans une démarche agroécologique, plus respectueuse de l'environnement et permettant de limiter l'érosion de la biodiversité. L'objectif est, d'une part, de rompre avec les pratiques ou habitudes passées pour éviter une aggravation de la situation et, d'autre part, d'adopter une démarche et des pratiques nouvelles, permettant un retour à une situation d'équilibre (figure 31).



A partir des observations, expériences et réflexions, les bases de cette démarche agroécologique sont proposées, qui s'appuient sur le concept de protection intégrée dans le contexte d'une agriculture durable, qui s'efforce de concilier les avantages de deux stratégies différentes : l'une, considérée comme prioritaire, privilégiant une approche écologique de la régulation des populations et considérant de ce fait l'agroécosystème comme le niveau d'organisation et d'intervention préventive, où l'on cherche notamment à préserver autant que possible la faune utile présente dans les systèmes de cultures ; l'autre, reposant sur l'emploi curatif, au niveau de la parcelle, de techniques variées, parmi lesquelles les pesticides de synthèse ne doivent pas être utilisés [4.1.5.7.]. Les différentes propositions de gestion des populations ont été mises au point et recommandées [4.1.11.22. ; 4.1.11.25.].

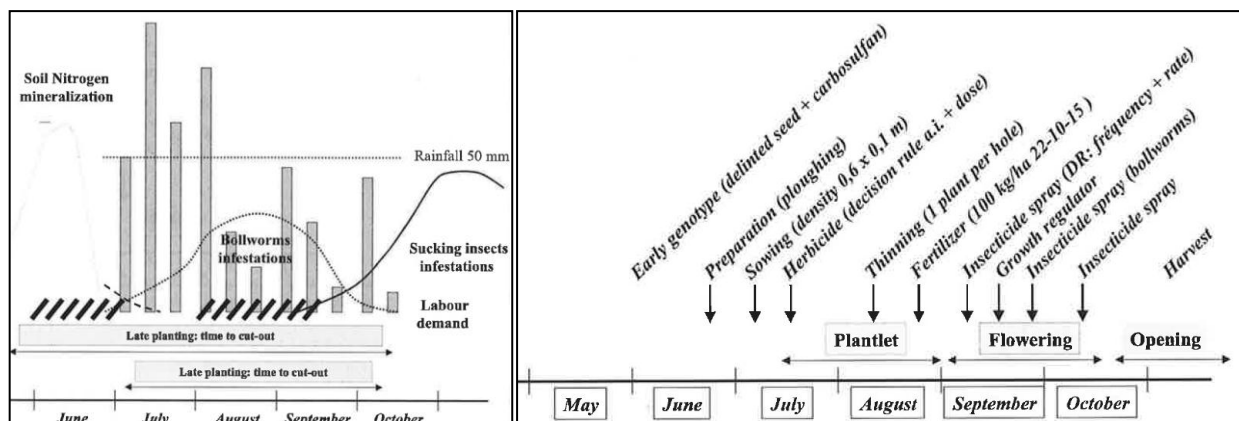
2.3.4. Production intégrée : « La Nouvelle Culture du cotonnier »

En Afrique francophone, l'extensification des systèmes de culture a induit une stagnation des rendements, un accroissement des problèmes phytosanitaires et une dégradation des sols. De plus, l'incidence accrue des aléas climatiques a rendu dans bien des cas la culture cotonnière aléatoire. Par ailleurs, l'évolution organisationnelle et institutionnelle de la filière a provoqué une réduction, voire une disparition, de l'encadrement technique assuré traditionnellement par les sociétés cotonnières. L'ensemble de ces contraintes a pesé sur les pratiques, les objectifs de production et les stratégies d'agriculteurs, qui n'ont pas toujours eu les moyens ou les connaissances pour faire part clairement de leurs attentes. Celles-ci portaient aussi bien sur les aspects techniques que sur les modalités de gestion de leurs exploitations, dans un contexte où le poids des traditions est important. Dans nombre de cas, les paysans ne suivent plus les recommandations techniques habituelles, sans doute considérées comme trop rigides et mal

adaptées à l'évolution de la situation. Souvent ils en viennent à les adapter, sans pour autant disposer des informations leur permettant de faire les meilleurs choix. Face à de réels problèmes de trésorerie, l'utilisation des intrants achetés à crédit (engrais et produits phytosanitaires) est parfois détournée de leur destination première, au profit par exemple de productions vivrières, certes indispensables à la sécurité alimentaire des familles. La culture du cotonnier passe alors au second rang, avec une tendance accrue vers l'adoption de systèmes d'exploitation extensifs.

La pratique d'une "nouvelle culture du cotonnier" s'appuie sur des itinéraires techniques répondant à cette situation, en prenant mieux en compte la diversité de ces contraintes comme les objectifs des sociétés et des filières cotonnières confrontées à la concurrence internationale [4.1.11.18. ; 4.1.11.19. ; 4.1.11.23. ; 4.1.14.10. ; 4.1.14.13.]. Il s'agit donc d'une recherche dite "adaptative", qui vise à apporter des solutions adaptées aux potentialités du milieu et aux stratégies des producteurs et acteurs concernés. Cette inflexion est particulièrement bienvenue chez les petits producteurs africains qui n'avaient guère le choix des itinéraires qu'ils pouvaient pratiquer [4.1.11.13. ; 4.1.11.21.].

Les interactions entre le génotype de la plante cultivée, les opérations culturales et le milieu environnant sont étudiées suivant une démarche répétitive et cyclique, caractérisée par l'enchaînement des étapes suivantes : diagnostic de la situation et traduction des contraintes en problématiques de recherche ; déclinaison de ces problématiques en actions de recherche et identification des solutions techniques à envisager ; conception et validation d'itinéraires techniques avec la participation des agriculteurs ; recommandation et diffusion des résultats dans le cadre d'une approche participative ; suivi de cette diffusion et nouveau diagnostic (figures 32 et 33) [4.1.11.26.].



Figures 32 (à gauche) et 33 (à droite). Prise en compte des contraintes dans le cas d'un semis tardif (à gauche) et exemple d'un itinéraire adapté (à droite) [4.1.11.26.].

Il est ainsi rendu possible d'explorer des voies de recherche issues aussi bien du monde paysan lui-même, de technologies nouvelles que de combinaisons innovantes de solutions techniques déjà anciennes, telles que par exemple le choix des variétés associé à la date et à la densité de semis, ou encore à l'utilisation de régulateurs de croissance et au raccourcissement du cycle de développement de la plante. D'autres pistes sont à explorer, telles que les systèmes de culture sur couverture végétale ou les variétés précoces à végétation réduite. Par voie génétique, comme par l'emploi de régulateurs de croissance, on peut obtenir un développement végétatif moindre de la plante cultivée, permettant de la cultiver à des densités plus fortes tout en obtenant des indices de récolte plus élevés, sans nécessairement une fertilisation accrue. Ces architectures végétales induisent des relations plante-parasite plus favorables à la culture, en favorisant par exemple l'exposition des ravageurs aux insecticides tout en réduisant la durée des stades végétatifs et fructifères sensibles. Dans tous les cas, les actions identifiées ont pour objet de sécuriser la culture et d'améliorer l'efficacité des intrants et des résultats encourageants sont rapportés au Bénin, au Cameroun et au Mali [4.1.11.26.].

Globalement, cette stratégie dite de « nouvelle culture du cotonnier » apparaît ainsi comme une application conforme, parmi quelques autres, aux principes de protection intégrée formalisés par l'OILB (Organisation Internationale de Lutte Biologique), tout en amorçant une nécessaire évolution vers une gestion intégrée des cultures. Elle met particulièrement en évidence l'importance accordée au rôle bénéfique de la faune auxiliaire dans la régulation des populations de bioagresseurs, sous la forme d'une lutte biologique dite de conservation, alors qu'elle révèle les limites, dans ce cas particulier, de la lutte biologique classique, par introduction ou par inondation. Ce constat présente l'avantage d'alimenter la réflexion de l'agronome sur la nécessité de repenser ses systèmes de culture comme ses itinéraires techniques dans un contexte de développement durable.

2.3.5. Protection agroécologique des cultures : exemple des Mouches des légumes à La Réunion

La protection agroécologique des cultures vise à instaurer, ou restaurer, des équilibres bioécologiques dans les agroécosystèmes, en réduisant la pression des bioagresseurs et augmentant les populations des arthropodes utiles. Cette protection s'appuie sur trois piliers : la prophylaxie, l'insertion ou la valorisation de la biodiversité végétale dans les agroécosystèmes et la lutte biologique de conservation [4.1.1.8.]. La lutte intégrée, dont la lutte chimique en dernier recours, vient en appui à cette protection de base [4.1.4.1.].

Depuis 2008, des recherches ont été conduites sur la gestion agroécologique des Mouches des Cucurbitaceae, considérées comme les ravageurs n°1 de l'agriculture réunionnaise [4.1.1.10.]. Ces recherches visaient, d'une part, à acquérir des connaissances de base sur la bioécologie de ces bioagresseurs et, d'autre part, à concevoir et mettre au point des techniques agroécologiques de protection adaptées au contexte réunionnais. Par ailleurs, un programme complémentaire de recherche-développement, de formation et de transfert en milieu producteur, appelé GAMOUR

(Gestion agroécologique des Mouches des légumes à La Réunion), a été conduit par une douzaine de partenaires de 2008 à 2011 sur financement Casdar (compte d'affectation spéciale développement agricole et rural). Le projet a permis de produire des résultats de recherche originaux et des performances de premier ordre en milieu producteur [4.1.1.21.]. Les techniques étudiées se sont inspirées d'expériences étrangères, en particulier les travaux menés à Hawaii (Nishida, 1980 ; Mau *et al.*, 2007 ; Jang *et al.*, 2008 ; Vargas *et al.*, 2008), et se sont appuyées sur les concepts de la protection agroécologique des cultures [4.1.4.2.].

2.3.5.1. Prophylaxie

Dans la démarche agroécologique proposée pour la gestion des populations des Mouches des légumes, la prophylaxie représente l'étape préalable avant toute autre technique de protection (Liquido, 1993). Dans nos études, les mesures prophylactiques reposent sur l'utilisation d'un augmentorium inspiré de celui mis au point à Hawaii (Klungness *et al.*, 2005 ; Jang *et al.*, 2007). Il s'agit d'une structure ressemblant à une tente dans laquelle on dépose régulièrement les fruits piqués infestés ramassés au champ (figure 34). L'augmentorium empêche ainsi une ré-infestation de l'agroécosystème par une nouvelle génération de mouches qui émergent dans l'augmentorium (figure 35). Par ailleurs, un filet à la maille adaptée, placé sur le toit de l'augmentorium, permet de relâcher dans la nature les parasitoïdes des mouches. Une enquête montre que la technique de l'augmentorium reçoit un très bon accueil de la part des agriculteurs et des particuliers [4.1.2.6. ; 4.2.2.5.].

La mise au point d'un augmentorium réunionnais souligne l'importance du choix de la maille [4.1.13.1. ; 4.2.4.2.]. La maille retenue offre une efficacité totale avec 100 % de mouches piégées et 100 % de parasitoïdes capables de sortir [4.1.1.11.].

L'augmentorium montre ensuite la possibilité de produire du compost [4.2.3.11.], ce qui intéresse notamment les agriculteurs biologiques [4.2.4.5.]. Enfin, plusieurs dizaines d'agriculteurs utilisent l'augmentorium depuis 2009 : ils considèrent cette technique simple, efficace, respectueuse de l'environnement et peu coûteuse [4.1.13.5.]. À terme, l'utilisation de cette technique peut être envisagée aussi bien en ville qu'à la campagne, reliant ainsi protection agroécologique des cultures et écologie urbaine [4.1.11.32.].



Figures 34 (à gauche) et 35 (à droite). Augmentorium dans un champ de courgettes (voir le filet sur la face supérieure) (à gauche) ; mouches prisonnières à l'intérieur d'un augmentorium (à droite).

2.3.5.2. Attractivité de plantes refuges pour les adultes des Mouches des légumes

Attractivité en grandes cages

A Hawaii, les études de Nishida et Bess (1957) sur le rythme circadien d'activité de *B. cucurbitae*, ont notamment mis en évidence des mouvements quotidiens des insectes entre les parcelles de cultures et leurs abords immédiats (plantes de bordure et brise-vents non-hôtes). A La Réunion, une étude en grandes cages de comportement a porté sur l'attractivité du maïs et de la canne fourragère pour deux espèces de mouches des Cucurbitaceae : *B. cucurbitae* et *D. demmerezi* [4.2.2.3.]. Deux Poaceae ont été choisies: le maïs (*Zea mays*), une des plantes les plus attractives, utilisée comme plante piège à Hawaii pour *B. cucurbitae* (McQuate *et al.*, 2003 ; McQuate et Vargas, 2007) et la canne fourragère (*Pennisetum purpureum*) la plante non cultivée la plus commune autour des cultures de Cucurbitaceae à La Réunion. Les deux plantes candidates ont été placées dans des pots et présentées en situation de choix à des mouches dans des grandes cages de comportement placées en extérieur. Dans chaque cage, une cohorte constituée de 100 adultes d'une espèce donnée, des deux sexes (50 ♀ et 50 ♂) et d'âge connu, a été libérée. Pour chaque espèce, l'expérience a été répétée quatre fois. Le nombre de mouches sur les différentes plantes ainsi que leur localisation sur la plante ont été notés. Pour les adultes des deux espèces, le maïs est significativement plus attractif que la canne fourragère (figure 36) [4.1.1.13.]. La plupart des adultes des deux espèces ont été trouvés sous les feuilles de maïs et de canne fourragère. Les effets de la date, de l'heure de la journée, de l'âge et du sexe des mouches sur leur attraction pour les plantes, ne modifient pas la tendance générale. Ces résultats ont permis de sélectionner le maïs comme plante piège préférentielle à utiliser dans les parcelles de producteurs [4.1.11.40.].

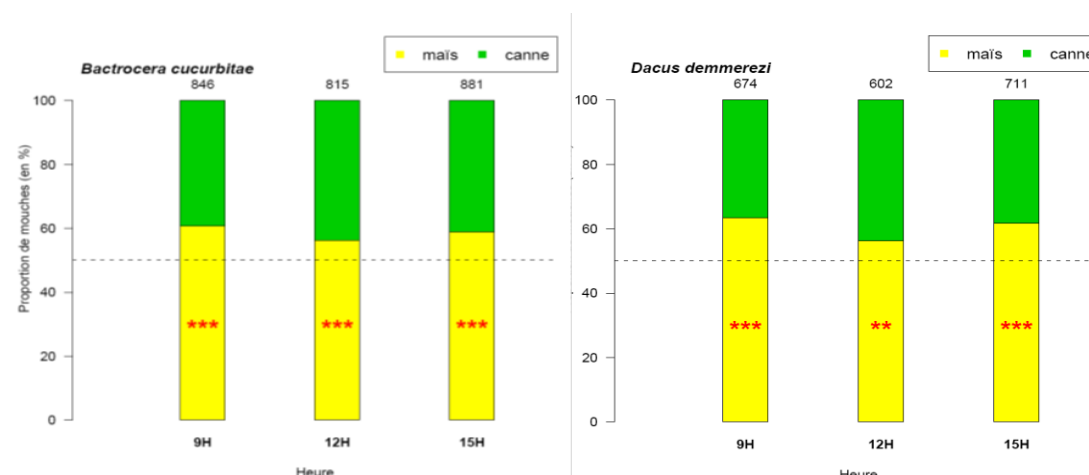


Figure 36. Proportion des adultes de *B. cucurbitae* (à gauche) et de *D. demmerezzi* (à droite) attirés sur le maïs (en jaune) et la canne fourragère (en vert) à différentes heures de la journée (St-Pierre, essais en cages, 2008)

[4.2.2.3.]

Attractivité in situ du maïs

L'attractivité du maïs a été confirmée *in situ* dans les différents essais mis en place pendant plusieurs années [4.1.1.10. ; 4.2.2.3. ; 4.2.2.9. ; 4.2.2.10.]. Le maïs est attractif pour les trois espèces, *B. cucurbitae*, *D. ciliatus* et *D. demmerezzi* ; les mouches sont retrouvées en densité importante pour les différentes situations étudiées (167 à 607 mouches pour 10 m² de maïs). A titre d'illustration, sur 7285 adultes dénombrés sur maïs et sur courgette à Tan Rouge en 2010, plus de 99 % sont observés sur le maïs [4.2.2.10.]. De manière plus détaillée, en ramenant le nombre de mouches à une surface et un temps d'observation comparables entre le maïs et la courgette, le rapport entre les nombres d'adultes sur la courgette et le maïs est de l'ordre de un pour mille à Piton Bloc en 2008 (figure 37).

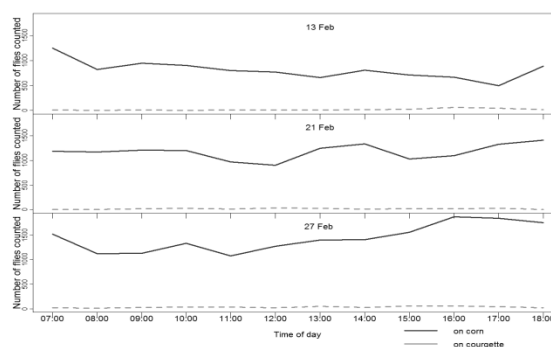


Figure 36. Estimation des populations de mouches (toutes espèces confondues) sur la parcelle de courgette (traits pointillés) et sur la bordure de maïs (traits pleins) pour une même surface (100 m²) (Piton Bloc, 2008).

[4.2.2.3.].

Modalités d'insertion du maïs dans l'agroécosystème

Plusieurs modalités d'insertion du maïs ont été comparées et peuvent être proposées : des bordures autour des parcelles de cultures (figure 38) ; des bandes (figure 39) ou des bandes (figure 40) à l'intérieur des parcelles. L'efficacité de ces différentes formes d'implantation de plantes pièges est assurée [4.1.1.24. ; 4.2.2.10.].



Figures 38 (à gauche), 39 (au centre) et 40 (à droite). Modalités d'implantation de plantes pièges de maïs dans les agroécosystèmes à base de Cucurbitaceae : bordure (à gauche) ; bandes (au centre) ; patches (à droite).

Autres intérêts de l'insertion de maïs dans l'agroécosystème

L'intérêt de l'insertion de maïs ne se limite pas au piégeage des populations de mouches en vue de gérer leurs populations. Nous avons déjà vu que la présence de plantes pièges de maïs dans l'agroécosystème fournit une méthode d'évaluation des populations de mouches et d'étude de leurs communautés : le dénombrement *in situ* des mouches sur le maïs permet en effet d'avoir une estimation fidèle des populations de mouches réellement présentes dans l'agroécosystème, contrairement aux méthodes classiques de piégeage sexuel à l'aide de paraphéromones ou de mise en émergence de fruits récoltés sur le terrain [4.1.1.14.]. Il est ainsi possible de caractériser certains paramètres des communautés, comme l'abondance relative ou le sex-ratio des différentes espèces de Mouches.

Le maïs concentre aussi d'autres arthropodes, en particulier des insectes utiles. C'est le cas des Syrphes, qui sont à la fois des pollinisateurs, des prédateurs et des indicateurs d'un bon fonctionnement écologique de l'agroécosystème. Une étude menée en 2010 [4.2.2.11.] révèle que l'insertion de maïs concentre des populations importantes de 3 espèces de Syrphes : *Allograpta nasuta* (Macquart), *Episyrphus circularis* (Hull) et *Melanostoma annulipes* (Macquart). La fonction pollinisatrice de cette dernière espèce est montrée, un pic d'abondance des adultes étant observé vers 8h30 le matin, ce qui correspond à la période de libération maximale du pollen par le maïs. Les populations d'autres insectes pollinisateurs (en particulier les abeilles) sont d'ailleurs observées en grand nombre dans les parcelles de Cucurbitaceae dès que des plants de maïs sont insérés dans l'agroécosystème.

2.3.5.3. Application d'appât adulticide (Synéis-appât)

Pour empêcher les femelles d'aller pondre sur les parcelles cultivées lorsque les Mouches des légumes sont concentrées sur les plantes pièges, on a envisagé d'utiliser des appâts adulticides en traitements par taches sur ces plantes pièges, comme cela est pratiqué dans différentes parties du monde sur les Tephritidae (Burns *et al.*, 2001 ; Prokopy *et al.*, 2003 ; KunYaw *et al.*, 2005 ; Köppler *et al.*, 2008 ; Piñero *et al.*, 2009). Nos études ont visé à mesurer, sur les trois espèces de Mouches des légumes, l'efficacité du Synéis-appât®, spécialité disponible en France, composé à 99,98 % de protéines ayant un effet d'attractivité et à 0,02 % de spinosad, un insecticide biologique [4.2.3.8.]. Des essais en grandes cages de comportement et en petites cages d'élevage montrent qu'à la dose de 1:5, le produit est efficace sur *B. cucurbitae* ($94.6 \pm 0.7\%$ de mortalité) et *D. demmeresi* ($85.7 \pm 2.1\%$) et moyennement efficace sur *D. ciliatus* ($60.4 \pm 4.4\%$) [4.1.1.15.] (figure 41). Aucun effet sexe n'est observé pour chacune des espèces. Par ailleurs, le temps de réponse au produit avant mortalité de *D. ciliatus* est retardé par rapport aux deux autres espèces.

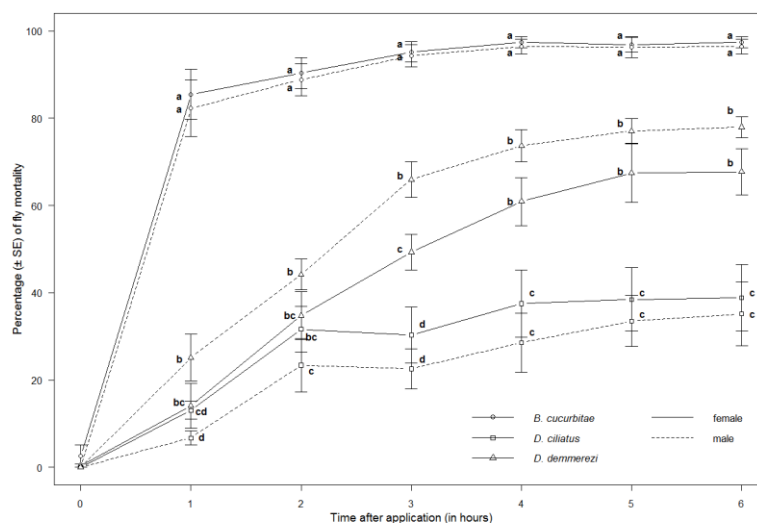


Figure 41. Proportion cumulée d'adultes des trois espèces de Mouches des légumes sur les 6 premières heures après application du Synéis-appât® (Saint-Pierre, essais en grandes cages, 2008).

Ces résultats sont confirmés à la fois dans des études au laboratoire [4.1.1.22.] et dans des expérimentations conduites en plein champ [4.1.11.39. ; 4.2.2.13. ; 4.2.4.3.].

Un support d'application du Synéis-appât®, en forme de parapluie, a été mis au point pour les conditions de forte pluviométrie qui pourraient lessiver les traitements par taches sur les plants de maïs [4.1.1.25. ; 4.2.2.13. ; 4.2.3.10.].

2.3.5.4. Piégeage de masse

Le piège mis au point à la demande des agriculteurs biologiques (piège sexuel à paraphéromone sans insecticide) est utilisable pour la surveillance des populations de mâles des espèces piégées (voir partie 2.1.3.2. et figures 8 et 9). Ce piège est également vulgarisable auprès des agriculteurs « conventionnels » [4.1.1.19.]. De plus, il peut aussi être employé, avec des densités adaptées à l'hectare, pour faire du piégeage de masse (Male Annihilation Technique) dans le but de réduire les populations de mouches. Il n'est pas possible d'évaluer l'efficacité de cette technique, car elle est employée en même temps que les autres techniques (prophylaxie, plantes pièges, application d'appât adulticide), mais elle est très bien perçue par les agriculteurs, car ils peuvent observer des cadavres, ce qui les incite à multiplier le nombre de pièges à l'hectare.

2.3.5.5. Le cas du chou chou

Le chou chou est un fruit particulièrement apprécié à La Réunion, soit pour les feuilles (chou chou sauvage), soit pour les fruits (chou chou cultivé sous treille). Les producteurs de chou chou et les partenaires de la filière imputent aux Mouches des Cucurbitaceae des dégâts considérables ayant conduit à la forte réduction des surfaces cultivées de manière intensive sous treille. L'objectif de l'étude est d'évaluer l'incidence réelle des 3 espèces de Mouches concernées en culture de chou chou. Les expérimentations ont été conduites au champ et au laboratoire de 2008 à 2011. Si les adultes sont présents sous les treilles et si les femelles peuvent piquer les fruits, il n'y a pas d'incidence sur la croissance des fruits (longueur, largeur).

En effet, parmi les nombreux chous chous piqués, collectés et ramenés au laboratoire, peu d'entre eux donnent lieu à des éclosions d'adultes. Les Mouches ont des difficultés pour effectuer leur cycle biologique (notamment *B. cucurbitae* et *D. demmerezi*) (figures 42 et 43) : le fruit du chou chou semble réagir aux piqûres, en formant des cavités emprisonnant les œufs et les jeunes larves, qui ont ainsi tendance à mourir [4.1.13.4. ; 4.2.2.4. ; 4.2.2.7.]. La seule espèce qui arrive à se développer dans le chou chou est *D. ciliatus* (figure 44). La grande majorité des fruits qui tombent de la treille et que l'on retrouve par terre ne sont pas piqués et ne sont pas infestés. Ces chutes de fruits ne semblent pas liées aux Mouches des Cucurbitaceae. La seule technique qui est à recommander dans les treilles de chou chou est la prophylaxie [4.1.1.23. ; 4.1.11.38.].



Figures 42 (à gauche), 43 (au centre) et 44 (à droite). Etat des **larves** 5 jours après la ponte dans un fruit de chou chou. Larve morte du 1^{er} stade de *B. cucurbitae* (à gauche) ; larve vivante du 3^{ème} stade de *D. ciliatus* (au centre) ; larve morte du 1^{er} stade de *D. demmerezi* (à droite).

2.3.5.6. L'évaluation en milieu producteur de la gestion agroécologique des populations de Mouches des Légumes

Afin de répondre durablement et écologiquement aux problèmes des Mouches des légumes en milieu agricole, un projet de recherche, de formation et de transfert a été conçu et mis en place de 2009 à 2011 en milieu producteur. S'inspirant de méthodes utilisées à Hawaï, un projet pionnier appelé GAMOUR (Gestion agroécologique des Mouches des légumes à La Réunion), innovant sur le plan technique et rassemblant de nombreux partenaires agricoles, s'appuie sur les principes de la protection agroécologique des cultures : la prophylaxie, la gestion des habitats et la lutte biologique de conservation. Les techniques ont été regroupées au sein d'un paquet technique, appelé SP5, qui est représenté sur la figure 45.

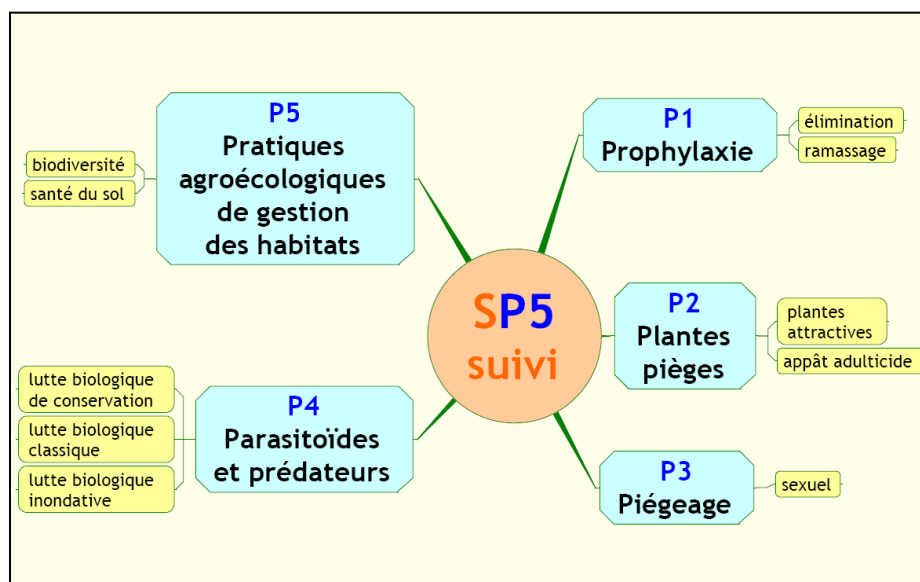


Figure 45. Paquet technique SP5 employé dans le projet Gamour.

Le projet a été mis en place dans trois villages (environ 50 ha et 30 agriculteurs) et dans 5 fermes certifiées en Agriculture Biologique [4.2.2.8. ; 4.2.4.5.]. L'objectif du projet visait à évaluer les performances des techniques mises au point et à mesurer la satisfaction des producteurs. Les méthodes de l'étude ont consisté en : (i) des expérimentations en plein champ d'efficacité des techniques ; (ii) un suivi des populations des Mouches dans les sites ; (iii) un suivi technique des parcelles et des exploitations ; (iv) une enquête de perception auprès des agriculteurs concernés.

Pour l'estimation des impacts technico-économiques de l'application de la méthodologie GAMOUR, nous avons suivi 21 exploitations conventionnelles et 4 exploitations en Agriculture Biologique. L'analyse des résultats de production porte sur le suivi hebdomadaire de 7,6 ha de treilles de chou chou, et de 19 cycles culturels de courgette comparés à 7 cycles « témoins » hors zone GAMOUR. Pour le chou chou comme pour la courgette, nos résultats montrent une tendance à l'augmentation des rendements et/ou à la réduction des niveaux de pertes déclarés [4.1.3.26.] ; toutefois, la multiplicité des facteurs et la diversité des situations ne permettent pas de confirmer statistiquement ces observations. La différence économique majeure porte donc sur la quasi-absence des traitements insecticides curatifs sur les productions protégées par la méthodologie Gamour : 0,1 traitement /cycle de courgette contre 4,2 traitements/cycle en protection classique [4.1.11.41.]. Il est montré que cette suppression des insecticides n'entraîne aucune conséquence négative sur la production. Le point de satisfaction commun à tous les agriculteurs repose donc en particulier sur la baisse du coût de la protection contre les mouches selon la technique GAMOUR : entre 1,2 et 4,2 fois plus économique pour l'agriculteur qu'une protection classique à l'aide d'insecticides curatifs. Les autres points de satisfaction (augmentation de la productivité, amélioration des conditions sanitaires, respect de la faune auxiliaire) sont plus diversement mentionnés et font l'objet d'une enquête menée en parallèle.

Au final, les résultats de ce projet pionnier sont très encourageants [4.1.1.21 ; 4.1.3.26. ; 4.1.3.28. ; 4.1.5.12 ; 4.1.11.41. ; 4.1.13.7.]. L'utilisation d'insecticides chimiques sur la culture a été supprimée. Les rendements sont au moins aussi élevés que ceux obtenus avec la lutte chimique et les agriculteurs font des économies financières considérables par rapport à la situation de départ.

2.3.5.7. L'appropriation par les agriculteurs de la protection agroécologique contre les Mouches des légumes

Les techniques nouvelles qui ont été proposées confirment en milieu producteur l'efficacité qui avait été montrée en conditions contrôlées et les agriculteurs les ont rapidement adoptées. En particulier, l'utilisation de bordures de maïs (en tant que plante piège) autour des parcelles, permet de concentrer à plus de 95 % les populations de mouches. Celles-ci peuvent être alors efficacement gérées avec des appâts adulticides. La technique de piégeage sexuel de masse (sans insecticide) se révèle efficace pour les mâles de 2 des 3 espèces de Tephritidae concernées.

Les agriculteurs se sont rapidement approprié ces techniques nouvelles [4.1.1.20.]. Par exemple, la prophylaxie est très appréciée et régulièrement pratiquée au moyen d'un augmentorium.

Le bilan de l'appropriation des agriculteurs a été réalisé à partir d'entretiens menés auprès de l'ensemble des maraîchers des trois sites pilotes du projet Gamour (Busnel et Augusseau, 2011). Les résultats mettent en évidence : (i) une satisfaction globale des agriculteurs à la fois sur l'efficacité de la stratégie et la facilité de mise en œuvre des techniques proposées ; (ii) un bilan plus mitigé de l'appropriation de la stratégie de lutte qui vise à passer d'une logique curative à une logique de contrôle de la pression des mouches.

Il est désormais prévu l'extension de ces pratiques en cultures maraîchères aux autres zones de l'île et à d'autres pays de la sous-région. Cependant, l'extension des innovations proposées par le projet GAMOUR doit être accompagnée d'un gros investissement en matière de formation et d'animation afin d'accompagner les exploitations candidates. Il est d'autant plus nécessaire que l'on observe une grande diversité parmi les exploitations maraîchères et une asymétrie importante quant à leur accès aux dispositifs d'appui agricole existants.

Enfin, la dynamique agroécologique engagée à La Réunion est appelée à être adaptée à d'autres productions horticoles, comme la tomate, les agrumes ou la mangue.

2.3.6. Extension de la protection agroécologique des cultures à l'Agriculture Biologique

Les principes de la protection agroécologique des cultures peuvent être adaptés aux contraintes et au respect du cahier des charges de l'Agriculture Biologique [4.1.5.13.].

Les techniques mises au point pour la gestion agroécologique des Mouches des légumes sont parfaitement adaptées aux situations de l'Agriculture Biologique [4.1.1.21. ; 4.1.3.27. ; 4.2.4.5.] : prophylaxie à l'aide d'un augmentorium, insertion de plantes pièges, utilisation du Synéis-appât (appât adulticide homologué en AB), piégeage sexuel sans insecticide [4.1.11.29. ; 4.1.13.2.]. Ce paquet est également étendu à la gestion des Mouches des fruits (agrumes, mangue).

En Agriculture Biologique, la suppression des traitements insecticides chimiques permet un retour des arthropodes utiles et favorise la lutte biologique de conservation. En Agriculture Biologique, des pratiques agroécologiques basées sur l'insertion de biodiversité végétale sont également proposées : couverture végétale permanente du sol ayant des vertus agronomiques (réduction de l'érosion, amélioration de la fertilité du sol, limitation de l'évapotranspiration, contribution à la gestion de l'enherbement) et représentant des habitats favorables aux arthropodes prédateurs terrestres épigés (araignées, fourmis, dermaptères) ; bandes fleuries permettant le développement de populations d'Hyménoptères parasitoïdes, de prédateurs généralistes et de pollinisateurs [4.1.15.27. ; 4.1.15.28. ; 4.1.15.29. ; 4.1.15.30.].

Il est évident que les populations importantes d'arthropodes utiles observées en Agriculture Biologique et dans les situations où les traitements insecticides ont été supprimés dans les cultures en milieu producteur (projet Gamour), confirment le bien-fondé de la lutte biologique de conservation [4.1.2.6.].

Dans le cas du chou chou, qui recevait de grandes quantités d'insecticides avant le projet Gamour, les rendements ont semblé évoluer positivement (figure 46) et certains producteurs ont fini par être certifiés en « Agriculture Biologique ». L'augmentation des rendements qui est décelée pourrait être imputée, aux dires des producteurs, au retour d'un grand nombre d'arthropodes utiles dans les treilles de chou chou par la suppression des traitements (figure 47). Au-delà de ces arthropodes, d'autres animaux, dont certains sont emblématiques de La Réunion, sont en recrudescence dans les treilles de chou chou: c'est le cas des caméléons (figures 48).

Enfin, sur le plan scientifique, les conditions rencontrées en Agriculture Biologique représentent des situations opportunes, car non perturbées par des traitements insecticides, pour étudier le fonctionnement des communautés et les réseaux trophiques au sein des systèmes de cultures [4.1.15.13.].

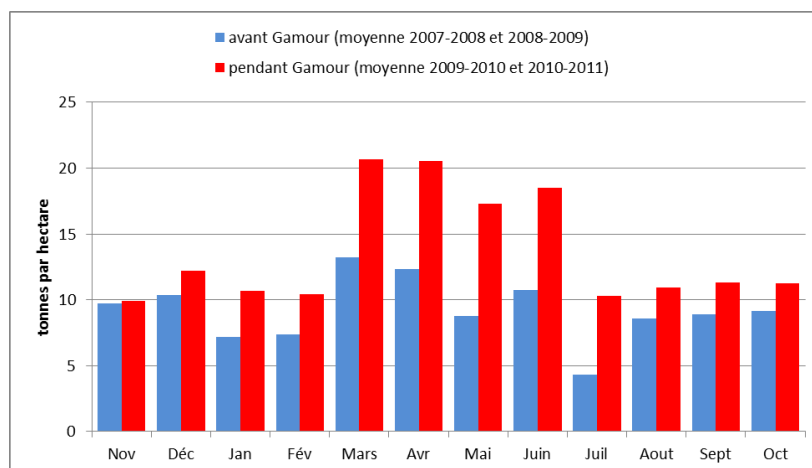


Figure 46. Production par mois de chou chou sur les parcelles de chou chou à Salazie, avant Gamour (en bleu) et pendant Gamour (en rouge) (Agriculteur : Sergio Victoire, Mare à Poules d'eau).



Figures 47. Prédation d'une Mouche des légumes par une araignée du genre *Nephila* sur des treilles non traitées de chou chou (Salazie, 2010).



Figures 48. « L'endormi » sur une treille de chou chou sans insecticide : le retour ! (Salazie, 2011).

Etudiants encadrés ayant participé aux recherches portant sur « Conception de techniques de protection des cultures » (volontaires, M2 ou ingénieurs)

Amiot E. :	[4.1.15.11. ; 4.2.2.1. ; 4.2.3.3.]
Atiama M. :	[4.1.1.22. ; 4.1.11.35. ; 4.1.11.33. ; 4.1.11.34. ; 4.1.11.37. ; 4.1.11.39. ; 4.1.11.44. ; 4.1.13.11. ; 4.1.15.30.]
Atiama-Nurbel T. :	[4.1.1.11. ; 4.1.1.15. ; 4.1.1.19. ; 4.1.1.22. ; 4.1.1.23. ; 4.1.1.24. ; 4.1.2.6. ; 4.1.5.12. ; 4.1.11.32. ; 4.1.11.34. ; 4.1.11.38. ; 4.1.11.39. ; 4.1.11.40. ; 4.1.13.2. ; 4.1.13.3. ; 4.1.13.4. ; 4.1.13.5. ; 4.1.13.11. ; 4.1.15.27. ; 4.1.15.28. ; 4.2.2.3.]
d'Avout C. :	[4.2.2.13.]
Belizaire J. :	[4.1.11.35. ; 4.2.2.5. ; 4.2.2.17.]
Bonnet E. :	[4.1.11.33. ; 4.1.11.37. ; 4.1.11.40. ; 4.2.2.10.]
Delpoux C. :	[4.1.1.24. ; 4.2.3.10.]
Douraguia E. :	[4.1.1.15. ; 4.1.11.25. ; 4.1.11.38. ; 4.1.11.39. ; 4.1.11.40. ; 4.1.11.43. ; 4.1.13.3. ; 4.1.13.4. ; 4.1.13.5. ; 4.1.13.7.]
Duffoure V. :	[4.1.1.20. ; 4.1.3.25. ; 4.1.11.43. ; 4.1.13.7. ; 4.1.13.11. ; 4.2.2.6. ; 4.2.2.17.]
Duhautois S. :	[4.2.2.11.]
Dupré E. :	[4.1.15.7. ; 4.1.15.8.]
Fillon E. :	[4.1.15.14.]
Freulard J.-M. :	[4.1.15.9. ; 4.1.15.10.]
Galva P. :	[4.2.3.5.]
Genay J.-P. :	[4.2.3.2.]
Gilles B. :	[4.1.1.22. ; 4.1.11.33. ; 4.1.11.38. ; 4.1.13.4. ; 4.2.2.4.]
Gratecap M. :	[4.1.11.39. ; 4.2.3.8.]
Guezello C. :	[4.2.2.8. ; 4.2.2.17.]
Houry L. :	[4.2.4.5.]
Jacquot M. :	[4.2.2.16.]
Montaldo T. :	[4.1.15.5. ; 4.1.15.6.]
Mur C. :	[4.1.15.12.]
Oudinot O. :	[4.2.3.1.]
Petite A. :	[4.1.11.40. ; 4.2.2.9.]
Petitgas C. :	[4.1.11.32. ; 4.2.3.11.]
Ramage T. :	[4.1.15.29.]
Sigrist J.-C. :	[4.2.3.4.]
Tenailleau M. :	[4.1.11.35. ; 4.1.15.31.]
Tiberghien C. :	[4.1.15.13 ; 4.1.15.]

3. Projet de recherche : la gestion des habitats des arthropodes, préalable à la gestion agroécologique des populations de ravageurs des cultures

3.1. La démarche générale : vers une protection agroécologique des cultures

3.1.1. Contexte et enjeux de la protection des cultures à La Réunion

La protection des cultures, qui a longtemps reposé sur une base agrochimique, est aujourd'hui à la croisée des chemins. En effet, les problèmes rencontrés avec ce type de protection deviennent de plus en plus fréquents et aigus : inefficacité dans bon nombre de situations, résistance des bioagresseurs aux pesticides, pollutions des sols et des nappes phréatiques, risques pour la santé humaine, érosion de la biodiversité, etc. L'enjeu est de passer de cette démarche curative à base de chimie à une démarche de prévention des infestations de ravageurs, basée sur un fonctionnement écologique plus équilibré et durable des agrosystèmes. Cette approche s'appuie sur une gestion agroécologique des communautés végétales et animales, à des échelles de temps, d'espace et de gestion élargies.

A La Réunion, l'introduction chronique de ravageurs exotiques à l'île dans des conditions agroclimatiques favorables aux pullulations, liée notamment aux importations croissantes des végétaux et à l'impossibilité de justifier des barrières phytosanitaires réelles, engendre une consommation d'insecticides très supérieure à la moyenne nationale : 40 % des 480 tonnes de matières actives commercialisées à La Réunion en 2009 étaient des insecticides (contre 12 % en métropole) (source DAAF Réunion). Par ailleurs, les espaces agricoles jouxtent le Parc National de l'île reconnu, en 2010, patrimoine mondial de l'UNESCO. Par conséquent, le développement de méthodes agroécologiques de protection des cultures fruitières et maraîchères, est maintenant affiché comme un enjeu prioritaire à La Réunion : « Pour atteindre les objectifs du plan Ecophyto 2018, la filière fruits et légumes doit développer des méthodes de production durable. Elle doit notamment s'appuyer sur les résultats du projet GAMOUR, dont la méthode de gestion agroécologique de ravageurs propose des outils efficaces et transférables (source Programme sectoriel Fruits légumes 2011-2013), financé par l'ODEADOM (Office de développement de l'économie agricole des départements d'outre-mer) et porté par la Chambre d'agriculture de La Réunion ».

3.1.2. Implications sur l'évolution des recherches en protection des cultures

Pour envisager la mise en place d'une protection agroécologique des ravageurs dans des systèmes de cultures en milieu tropical, il est nécessaire d'acquérir une bonne connaissance de la biologie, de l'écologie et de la dynamique spatio-temporelle des ravageurs visés, qui peuvent être nouveaux (introduction ou devenus majeurs suite à des déséquilibres faunistiques). Dans un contexte tropical, les rythmes de reproduction des insectes ravageurs sont souvent accrus. Ces derniers sont, en outre, inclus dans des chaînes trophiques parfois complexes, qu'il est nécessaire de décrire et de comprendre.

De plus, sur le terrain, ces chaînes sont souvent perturbées par une pression insecticide importante, qui a tendance, à terme, à favoriser les bioagresseurs et à défavoriser leurs ennemis naturels (prédateurs et parasitoïdes). L'effet néfaste de l'utilisation massive des insecticides n'est également plus à démontrer. Il est nécessaire de favoriser une dynamique visant à établir, ou rétablir, des équilibres entre ces communautés d'arthropodes (Hooper *et al.*, 2005 ; Fiedler *et al.*, 2008). La voie de recherche envisagée est de manipuler les communautés végétales sur lesquelles les arthropodes passent une partie de leur cycle biologique. Il peut s'agir des plantes cultivées elles-mêmes, mais aussi de plantes non cultivées. Ces plantes non cultivées peuvent exister ou être introduites dans le système, à plusieurs niveaux (dans la parcelle, autour de la parcelle). Elles peuvent alors participer à l'établissement d'un équilibre bioécologique résultant de l'optimisation des interactions arthropodes/plantes et elles peuvent aussi constituer, en tant qu'habitats temporaires de ces arthropodes, des lieux de gestion de leurs populations. Un des objectifs est notamment de gérer des habitats favorables aux insectes utiles (prédateurs, parasitoïdes, pollinisateurs) et/ou défavorables aux ravageurs des cultures. Ceci nécessite préalablement une bonne connaissance de cette biodiversité fonctionnelle.

Dans un tel contexte, la démarche scientifique basée sur l'agroécologie trouve parfaitement sa pertinence (Gliessman *et al.*, 1981 ; Altieri, 1987 ; Gliessman, 2007 ; Wezel *et al.*, 2009). En effet, l'agroécologie qui est l'étude des interactions entre les êtres vivants dans un agroécosystème (Dalgaard *et al.*, 2003), vise à optimiser le fonctionnement écologique du système de cultures, en améliorant ces interactions. La déclinaison de cette démarche à la protection des cultures invite à optimiser les interactions entre les arthropodes (ravageurs, prédateurs, parasitoïdes, pollinisateurs) et les communautés végétales (cultivées ou non, dans ou en dehors de l'agroécosystème) sur lesquelles ils vivent (Nicholls et Altieri, 2004 ; Altieri et Nicholls, 2012).

Outre la prévention des infestations, les piliers de cette protection agroécologique sont ainsi la gestion des habitats des arthropodes et la lutte biologique de conservation qui sont intimement liées. <u>Ce sont les deux fils conducteurs de mon projet de recherche.</u>
--

Sur un plan méthodologique, la gestion des peuplements végétaux et des populations des bioagresseurs met en lumière trois enjeux majeurs sur le plan scientifique : l'intégration et l'interdisciplinarité (écologie, agronomie, protection des cultures, socio-économie, etc.) (Dalgaard *et al.*, 2003) ; le changement d'échelles, l'obtention de données locales devant être traduites pour la prise de décision à l'échelle globale (bassin versant, commune, paysage, etc.) ; la prise en compte de seuils nouveaux (et évolutifs), à l'échelle du paysage et dans un raisonnement à long terme, prenant en compte à la fois des critères économiques (seuils classiques de tolérance), des critères sociaux (décisions partagées et acceptées) et des critères environnementaux (respect de l'environnement, préservation de la biodiversité, réduction des risques d'intoxication, etc.).

3.2. Problématique et objectifs

La problématique des recherches résulte de la nécessité et de la difficulté de prendre en compte à la fois les enjeux économiques, environnementaux et sanitaires des systèmes horticoles. Les recherches sur la mise au point de pratiques agroécologiques apparaissent pertinentes pour relever ce défi. Par ailleurs, il est également indispensable de poursuivre ou d'engager des recherches cognitives sur la bioécologie des arthropodes, sur leurs interactions avec les plantes et sur la caractérisation et l'évolution de la biodiversité fonctionnelle dans les systèmes de cultures. Ces connaissances sont ensuite à intégrer dans des hypothèses de recherches sur la mise au point de pratiques agroécologiques en protection des cultures. Celles-ci devront être intégrées à des systèmes de cultures renouvelés, adaptés aux situations rencontrées.

Par ailleurs, pour prendre en compte les enjeux méthodologiques, la gestion des populations doit être raisonnée à différentes échelles spatio-temporelles, allant des pratiques agronomiques locales jusqu'à l'intégration dans le paysage :

- gestion spatiale : plusieurs niveaux sont envisagés, l'échelle classique locale (parcelle, système de culture, exploitation) et l'échelle du paysage (commune, bassin versant, territoire), correspondant au concept d'Area-Wide Pest Management (Lindquist, 1998 ; Smith, 1998 ; Hardee et Hennereby, 2004 ; Murray *et al.*, 2005 ; Vargas *et al.*, 2008) et très liée à l'écologie du paysage (Burel et Baudry, 1999 ; Turner *et al.*, 2001 ; Wu et Hobbs, 2002) ;
- gestion temporelle : l'élargissement des échelles spatiales va de pair avec une prise en compte d'un plus long pas de temps, dans le raisonnement et la gestion des populations. On ne s'attache pas seulement à des informations locales durant le seul cycle de culture, mais on raisonne à l'échelle de l'année (aussi bien les périodes de culture que les périodes de non culture) et sur plusieurs années ;
- gestion collective : le changement d'échelle spatio-temporelle implique aussi un mode de gestion collective, avec une approche partagée des acteurs (qu'il s'agisse des producteurs bien sûr, mais aussi des autres acteurs). Il est donc essentiel que les acteurs se soient appropriés, avant qu'elle ne soit mise en place, la démarche nouvelle.

L'objectif général du projet proposé de recherche est de mettre au point des pratiques agroécologiques de protection des cultures contre les ravageurs des agrosystèmes fruitiers et maraîchers, en s'appuyant sur la gestion de leurs habitats. Cet objectif se décline en trois objectifs spécifiques :

- (i) acquérir des connaissances sur la bioécologie et la dynamique des populations des arthropodes clés ;
- (ii) caractériser la biodiversité fonctionnelle, comprendre les interactions trophiques et mesurer ses services rendus ;
- (iii) étudier les interactions entre des communautés animales et végétales ; concevoir, mettre au point et évaluer des modalités de gestion des populations des arthropodes par la gestion de leurs habitats

3.3. Les 3 axes du projet

Compte tenu des programmes de recherches en cours et programmés, les études s'adresseront à trois types d'agroécosystèmes :

- des systèmes de cultures fruitiers, en particulier le manguier ;
- des systèmes de cultures maraîchers, en particulier à base de Cucurbitacées et de Solanacées ;
- des systèmes de culture mixtes (maraîchers et fruitiers) conduits au sein d'exploitations certifiées en Agriculture Biologique.

3.3.1. Bioécologie, interactions et dynamique des populations des bioagresseurs et des auxiliaires

La prévention des infestations et la réduction des risques d'infestations requièrent des connaissances fines sur la bioécologie d'arthropodes clés, qu'il s'agisse de ravageurs ou d'auxiliaires. Les recherches cognitives sur la bioécologie des arthropodes dépendent des connaissances disponibles et sont variables selon les agroécosystèmes considérés. Sur la mangue, si certains déprédateurs sont étudiés depuis plusieurs décennies (mouches des fruits), d'autres ravageurs restent particulièrement méconnus : c'est le cas de la Punaise du manguier, *Orthops palus* (Heteroptera, Miridae), pour laquelle un sujet de thèse est proposé (voir partie 3.5.1.). En cultures de Cucurbitaceae, des recommandations pour gérer durablement les populations des Mouches des légumes (Diptera, Tephritidae) étant maintenant proposées avec des pratiques agroécologiques utilisant des plantes pièges [4.1.1.11. ; 4.1.1.15. ; 4.1.5.12. ; 4.1.10.4.], il reste à acquérir localement des connaissances sur la bioécologie d'autres ravageurs et sur leurs interactions avec les peuplements végétaux existants dans les systèmes de cultures. Le cas de l'Agriculture Biologique est particulièrement intéressant car l'absence de perturbations par des traitements chimiques donne à ces systèmes un statut de prototype sur lequel il est possible d'obtenir *in situ* des données originales sur le comportement et la dynamique des populations. Dans une optique de lutte biologique de conservation, les bordures des parcelles représentent des habitats particulièrement intéressants à étudier.

De manière générale, les principaux volets d'étude concernant des arthropodes clés portent sur la biologie, l'écologie, la dynamique des populations et les interactions. Celles-ci sont de deux types :

- d'une part, des interactions plante/insecte (relation « habitant »/« habitat ») ;
- d'autre part, des interactions tri-trophiques (insecte ravageur ou auxiliaire / plante ou hôte / auxiliaire).

D'autres volets pourraient être envisagés dans un deuxième temps si nécessaire (compétition inter et intra-spécifique, structuration génétique des populations).

3.3.2. Biodiversité fonctionnelle, interactions trophiques et services rendus

Les communautés terrestres comportent typiquement quatre niveaux trophiques : les producteurs primaires, les herbivores, les carnivores et les détritivores. Les interactions spécifiques, entre et à l'intérieur de ces compartiments, sont parmi les processus élémentaires qui affectent l'abondance et la composition des communautés (Fretwell, 1977). On en distingue trois classes : (i) les interactions symbiotiques rassemblent les associations intimes et durables (du parasitisme au mutualisme) entre plusieurs organismes appartenant à des espèces différentes, conditionnant les autres interactions chez les arthropodes notamment ; (ii) la compétition est une lutte pour l'utilisation d'une ressource partagée et limitée, mutuellement négative entre deux espèces ; (iii) la prédation correspond à la consommation de tout ou d'une partie d'un organisme vivant par un autre (Morin, 2011). Le prédateur bénéficie de l'interaction, contrairement à la proie consommée.

Les interactions proies-prédateurs impliquent des espèces qui résident à différents niveaux trophiques, incluant l'impact des herbivores sur les plantes, les carnivores (ou prédateurs *sensu stricto*) sur les herbivores, des parasites et parasitoïdes sur les hôtes. Les patterns des communautés sont gouvernés par la hiérarchie de ces processus d'interactions. La compétition pour la nourriture ou les ressources est importante dans la régulation de l'abondance des producteurs primaires, des prédateurs supérieurs (*top-predators*) et des décomposeurs (Morin 2011), tandis que les herbivores sont régulés par les prédateurs puisqu'ils épuisent rarement leur approvisionnement en nourriture (Hairston *et al*, 1960).

La régulation des herbivores par les organismes, confère à ce niveau trophique un intérêt particulier en protection des cultures, par le contrôle des animaux nuisibles et donc de leurs impacts potentiels sur la production primaire des espèces végétales présentes pour et/ou par les activités anthropiques. La biodiversité fonctionnelle concerne principalement les ennemis naturels des ravageurs (prédateurs, parasitoïdes) et les pollinisateurs.

La caractérisation de cette faune passe par un échantillonnage précis, utilisant des techniques robustes et adaptées (piégeage d'interception ou d'attraction, observations directes, battage), puis par des moyens d'identification (laboratoires, clés de déterminations, entomologistes de l'Insectarium et du Cirad).

Ensuite, il s'agit de caractériser les interactions trophiques, et donc de mesurer l'importance réelle de chaque élément du réseau trophique. Parmi les arthropodes recensés dans la biodiversité fonctionnelle, certains sont sélectionnés comme bioindicateurs² (Suckling *et al.*, 1999 ; Andersen et Majer, 2004 ; Nakamura *et al.*, 2007), permettant le suivi dans le temps et dans l'espace des interactions, ainsi que l'impact *in situ* des arthropodes utiles. Le choix des indicateurs s'effectuera sur des critères quantitatifs comme l'abondance dans les systèmes de cultures ou encore l'efficacité supposée de ces auxiliaires. Ces bioindicateurs feront alors l'objet d'études fines en milieu contrôlé (cages expérimentales, micro-placettes d'observations, mise en culture d'hôtes parasités, analyses PCR, etc.) qui permettront d'évaluer l'influence véritable, d'une part, des ennemis naturels des nuisibles et, d'autre part, des pollinisateurs.

Par ailleurs, la compréhension du fonctionnement de certaines guildes représente une thématique importante de cet axe. Parmi ces guildes, celle des prédateurs terrestres épigés, en vergers de manguiers et en maraîchage, sera notre modèle d'étude. La maîtrise des méthodes de récolte, l'abondance de cette guildes dans les agroécosystèmes considérés, le fait que certaines espèces généralistes soient communes à différents milieux alors que d'autres espèces sont plus spécialisées, notre capacité à la reconnaissance taxonomique de nombre d'espèces d'arthropodes de cette guildes, l'aspect générique des résultats attendus à différents agroécosystèmes, sont autant d'arguments qui nous ont fait choisir cette guildes comme modèle. Les questions scientifiques consisteront à mesurer les effets des variables écosystémiques et paysagers, à structurer les réseaux trophiques, à modéliser la structure et le fonctionnement des guildes. Les techniques d'analyses isotopiques et de biologie moléculaire pourront être considérées en fonction des objectifs spécifiques et du grain de détail recherché dans les études.

Enfin, le point final de cette série d'études sera, logiquement, la comparaison de la dynamique démographique de ces bioindicateurs dans les vergers pilotes et celle observée dans les vergers « témoins » : la modification de l'habitat favorise-t-elle ces bioindicateurs et a-t-elle, subséquemment, un impact sur la dynamique des ravageurs ?

² Un bioindicateur est ici considéré comme un taxon biologique, ou une association de taxons, dont la présence ou l'absence donne des indications sur l'état et l'évolution d'un milieu. Dans notre domaine d'étude, il s'agit d'espèces d'arthropodes qui sont choisies et suivies en fonction de leur rôle écologique utile (prédation et parasitisme des arthropodes ravageurs ; pollinisation).

3.3.3. Interactions entre communautés et gestion des habitats des arthropodes

La gestion des habitats est l'un des piliers de la protection agroécologique des cultures [4.1.4.1. ; 4.1.5.11. ; 4.1.5.13. ; 4.1.5.14.]. Les activités de recherche consistent à concevoir et mettre au point des modalités d'insertion et/ou de manipulation de biodiversité végétale (habitats des arthropodes) dans ou autour de l'agroécosystème. La gestion et la manipulation de ces habitats visent à réduire les populations de ravageurs et/ou à augmenter les populations d'arthropodes utiles (biodiversité fonctionnelle), contribuant ainsi à l'instauration ou la restauration d'équilibres bioécologiques dans l'agroécosystème. Pour les entomophages, qui jouent un rôle central dans la régulation des ravageurs-clés, il s'agit aussi d'améliorer leur fitness (plantes nectarifères par exemple pour les Hyménoptères parasitoïdes) ou éventuellement de favoriser la croissance de leurs populations, via des proies ou hôtes alternatifs (exemple des prédateurs généralistes).

La démarche consiste, après avoir caractérisé les communautés végétales et animales (2^{ème} axe), à identifier les modalités de manipulation des habitats végétaux, puis à étudier les interactions entre ces habitats et les arthropodes, en prenant en compte les contraintes de mise en place sur le terrain.

L'étude des interactions entre ces communautés végétales et ces communautés animales constitue l'objectif scientifique de cet axe, tandis que la conception et la mise en œuvre de techniques de gestion d'habitats correspond à un objectif appliqué.

En s'appuyant sur deux états de la littérature (Landis *et al.*, 2000 ; Gurr *et al.*, 2004 ; Ratnadass *et al.*, 2012) ainsi que sur des expériences récentes testées à La Réunion, trois types de techniques sont envisagés *a priori* :

- les couvertures végétales du sol : ces techniques, qui sont souvent testées pour des raisons agronomiques (amélioration de la fertilité, lutte contre l'érosion, gestion de l'enherbement, limitation de l'évapotranspiration) sont étudiées ici à des fins de protection des cultures, pour les effets sur les arthropodes nuisibles et utiles (Husson *et al.*, 2008 ; Khan *et al.*, 2008 ; Mailloux *et al.*, 2010 ; Renkema *et al.*, 2012). Les hypothèses de recherche sont les suivantes :

- (i) une couverture végétale permanente au sol limite le développement des ravageurs aériens qui se nymphosent dans le sol (mouches des fruits et des légumes, cécidomyie de la mangue, etc.) ;
- (ii) une couverture végétale permanente au sol représente un habitat favorable au développement de prédateurs terrestres épigés (araignées, dermptères, staphylins, fourmis, etc.).

- les plantes pièges et/ou refuges : l'objectif est d'insérer ou de manipuler dans l'agroécosystème des plantes attractives pour certains ravageurs ou certains auxiliaires. Ainsi, des plantes refuges de ravageurs peuvent alors devenir des lieux de gestion de leurs populations, à la place des plantes cultivées, comme ceci a par exemple été validé dans le cas du maïs en cultures de Cucurbitaceae à La Réunion. La gestion de plantes refuges d'arthropodes prédateurs ou

parasitoïdes, dans ou autour la parcelle cultivée, permet d'augmenter leurs populations, afin d'accroître leur impact sur les ravageurs. Ces modalités de gestion sont issues de la technique du « push-pull » (Cook *et al.*, 2007). Les études portent sur les interactions entre ces plantes pièges/refuges et les arthropodes nuisibles ou utiles. De nombreux exemples existent et sont présentés dans la revue de Ratnadass *et al.* (2012).

- les bandes fleuries : on les insère dans ou autour des parcelles cultivées, en se basant sur l'hypothèse suivante : la ressource en nourriture des plantes fleuries (nectar, pollen) permet une augmentation des populations de pollinisateurs et de parasitoïdes (Hyménoptères) ou de prédateurs (Wäckers *et al.*, 2007), donc de leur impact (Baggen et Gurr, 1998 ; Carreck et Williams, 2002 ; Decourtye *et al.*, 2007 ; Haaland *et al.*, 2011 ; Nilsson *et al.*, 2012). Les études portent sur les interactions entre les communautés (bandes fleuries, pollinisateurs, parasitoïdes, prédateurs).

D'autres modalités de gestion des habitats pourront être étudiées à posteriori pour leur intérêt phytosanitaire, en fonction d'objectifs particuliers ou de pratiques spécifiques (Andow, 1991 ; Landis *et al.*, 2000 ; Denys et Tschardt, 2002 ; Gurr *et al.*, 2003 ; Bianchi *et al.*, 2006 ; Ratnadass *et al.*, 2012) : agroforesterie (Chitra et Solanki, 2000), bords de parcelles (Thomas et Marshall, 1999), impact de brise-vents, associations de culture ou rotations dans les systèmes à cycles courts (maraîchers) (Smith et McSorley, 2000).

3.4. Un projet de recherche cohérent à la fois avec les dynamiques scientifiques et les demandes du développement

3.4.1. Un projet de recherche intégré dans le projet scientifique de l'UMR PVBMT

L'UMR PVBMT est structurée en 5 équipes de recherche au sein de trois champs thématiques : Génomique et épidémiologie des agents pathogènes émergents ; Complexe d'espèces et gènes d'intérêt ; Dynamiques écologiques en milieux insulaires. Sont pris comme modèles d'étude : 2 genres bactériens (*Xanthomonas* et *Ralstonia*), 1 famille de virus (*Begomovirus*), 2 sous-ordres d'insectes (Tephritidae et Aleyrodidae) et 4 genres de plantes cultivées (*Vanilla*, *Coffea*, *Saccharum*, *Solanum*). Ces équipes de recherche sont les suivantes :

1. Génomique et épidémiologie des agents pathogènes émergents
2. Diversité du génome et de son fonctionnement
3. Génome et interactions biotiques
4. Dynamiques écologiques et interactions au sein des agrosystèmes
5. Dynamiques écologiques au sein des écosystèmes naturels

L'UMR est abritée au sein du Pôle de Protection des Plantes (3P) à Saint-Pierre qui abrite aussi l'Unité spécialisée «Ravageurs et pathogènes tropicaux » du Laboratoire de Santé des Végétaux (LSV) de l'ANSES (Agence nationale de sécurité sanitaire de l'alimentation, de l'environnement

et du travail) et le laboratoire de diagnostic et de conseil phytosanitaire de la FDGDON (Fédération Départementale de Groupements de Défense contre les Organismes Nuisibles) qui est chargée du développement de méthodes de lutte auprès de la profession agricole. Le Pôle de Protection des Plantes a été labellisé « plate-forme IBISA » (Groupement d'intérêt scientifique d'infrastructures en Biologie, Santé et Agronomie) fin juillet 2009. Le 3P comprend des laboratoires de génétique moléculaire, de microbiologie, de culture *in vitro*, d'entomologie (l'ensemble au niveau de sécurité 2), des chambres de culture, un laboratoire de niveau de sécurité 3, des serres, des terrains d'expérimentations, ainsi qu'un centre de documentation et un centre de ressources biologiques (collections de vanilliers, d'aulx tropicaux et de légumes sous-utilisés). Une démarche vers la certification ISO9001 (système de management de la qualité dans les organismes de recherche : directive GA X 50-552) est en cours.

L'UMR PVBMT fait partie du LabEx Agro (laboratoire d'excellence en agronomie et développement durable), lauréat de l'appel à projet pour les investissements d'avenir rassemblant 27 unités de recherche françaises et 978 scientifiques. L'objectif de ce laboratoire d'excellence est de répondre, par la recherche, aux demandes croissantes d'utilisation des plantes cultivées à des fins alimentaires et non alimentaires (notamment bio-matériaux et bio-énergie) et d'anticiper l'adaptation des agricultures du Nord et du Sud au changement climatique. Le LabEx est piloté par Agropolis Fondation à Montpellier. C'est un continuum de compétences pluridisciplinaires (sciences biologiques, sciences de l'ingénieur, sciences humaines et sociales) allant de l'étude des gènes jusqu'à l'utilisation finale des plantes, qui compose le Laboratoire d'excellence en agronomie et développement durable : le LabEx Agro.

L'objectif de l'équipe 4. 4. est de mieux comprendre les facteurs qui prévalent à la mise en place des communautés insectes/plantes et les interactions qui s'établissent en leur sein ou entre elles. Sont analysés : les interactions tri-trophiques (insecte/plante/parasitoïde) et la dynamique des populations des insectes ravageurs d'importance économique et de leurs ennemis naturels ; les mécanismes de transmission de pathogènes ainsi que les phénomènes de résistance associés. Trois groupes d'insectes sont considérés comme les modèles biologiques d'étude : famille des Tephritidae (Mouches des fruits et des légumes) ; famille des Aleyrodidae (aleurodes) ; famille des Apidae (abeilles).

Depuis 2008, des recherches ont été conduites sur la gestion agroécologique des Mouches des Cucurbitaceae, considérées comme les ravageurs n°1 de l'agriculture réunionnaise. Ces recherches, menées dans le cadre du projet **GECOVA 1**, visaient, d'une part, à acquérir des connaissances de base sur la bioécologie de ces bioagresseurs et, d'autre part, à concevoir et mettre au point des techniques agroécologiques de protection adaptées au contexte réunionnais. Par ailleurs, un programme complémentaire de recherche-développement, de formation et de transfert en milieu producteur (**GAMOUR**, financement Casdar) a été conduit de 2008 à 2011 par une douzaine de partenaires. Il a permis de montrer que les études menées dans le cadre de **GECOVA 1** se traduisent par des résultats satisfaisants et des performances de premier ordre en

milieu producteur. L'extension de cette protection agroécologique contre les Mouches des légumes est maintenant étendue, par l'action de la Chambre d'agriculture de La Réunion, des Organismes Professionnelles agricoles et du Groupement des Agriculteurs Biologiques, à d'autres zones de production.

Suite à cette première expérience prometteuse, confirmant que les concepts et principes de la protection agroécologique des cultures peuvent se concrétiser sur le terrain, le projet **GECOVA 6** (gestion agroécologique des populations de ravageurs des cultures fruitières et maraîchères) vise à étudier la protection agroécologique des cultures dans d'autres situations :

- des agroécosystèmes maraîchers (Cucurbitaceae, action 6.3. du projet) ;
- des agroécosystèmes fruitiers (action 6.4.) ;
- des agroécosystèmes biologiques (action 6.5.).

En amont de ces actions de recherche, d'autres études sont programmées pour acquérir des connaissances approfondies, au plan bioécologique (action 6.1.) et au plan génétique (action 6.2), sur certains bioagresseurs majeurs (notamment les Tephritidae).

3.4.2. Un projet de recherche intégré dans le projet de recherche et d'expérimentation de l'UMT SPAT

Une Unité Mixte Technologique (UMT) va voir le jour dès 2013, en mettant en synergie les actions de recherche du Cirad, les activités d'expérimentation de l'Armefflor (Association Réunionnaise pour la Modernisation de l'Economie Fruitière Légumière et Horticole) et les travaux d'épidémiologie de l'Anses et de la FDGDON. Le programme de recherche-développement de cette unité porte sur la Santé végétale et la Production Agroécologique en milieu Tropical (SPAT).

L'objectif général de l'UMT SPAT est de conduire des activités de recherche et d'expérimentation pour concevoir et valider des pratiques agroécologiques adaptées aux systèmes de cultures fruitières, maraîchères et ornementales tropicales. Cet objectif met l'accent sur la réduction ou la suppression des produits chimiques de synthèse. Il se décline en trois objectifs spécifiques :

- surveiller et diagnostiquer les bioagresseurs des cultures et leurs auxiliaires ;
- mettre au point des variétés et des techniques de gestion des cultures ;
- intégrer les techniques et outils pour concevoir des systèmes de culture innovants.

L'action 2.2. de cette UMT concerne les « Pratiques agroécologiques pour la protection des cultures contre les ravageurs » et s'appuie sur 3 composantes : la gestion des habitats des arthropodes ; la lutte biologique (dont la lutte biologique de conservation) ; la lutte biotechnique et physique. La conception et la validation de pratiques de gestion des habitats sont abordées en

cultures de manguiers et d'agrumes et les modalités étudiées sont les couvertures végétales, les plantes refuges/pièges et les bandes fleuries. Le projet de recherche proposé ici est donc en harmonie avec le programme de l'UMT SPAT.

3.4.3. Un projet de recherche intégré en amont de différents projets de Recherche-Développement en partenariat

Le projet de recherche proposé répond aussi aux principales attentes du Développement en matière de protection des cultures. Celles-ci sont essentiellement de réduire significativement l'utilisation des insecticides en « Agriculture Conventionnelle » (selon le plan national **ECOPHYTO 2018**) et de s'en passer en « Agriculture Biologique » (selon son cahier des charges). Il est également demandé, qu'en plus de la viabilité socio-économique de la protection, le respect de l'environnement et le respect de la santé humaine soient pris en compte au premier chef.

L'Agriculture Biologique est en plein essor à La Réunion et, parmi ses besoins, elle exprime des demandes de mise au point de techniques adaptées. Dans le domaine de la protection, les orientations vers des pratiques agroécologiques et la lutte biologique de conservation sont parfaitement compatibles avec le cahier des charges AB, qui interdit notamment l'utilisation de produits chimiques de synthèse. Le projet **PROCAB** (Protection des cultures en Agriculture Biologique) a été initié dès 2008, dans le cadre du Programme Sectoriel Agriculture Biologique, financé par l'ODEADOM. Après 3 années d'acquisition de connaissances sur les interactions biotiques dans les systèmes biologiques, de premières réponses concrètes ont été apportées dans la gestion des populations de Mouches des légumes. La deuxième phase du projet (**PROCAB 2**) vise, dans un de ses axes, à caractériser et à suivre la biodiversité fonctionnelle (les systèmes n'étant pas perturbés par des traitements insecticides) et, dans un autre axe, à concevoir des techniques d'insertion de biodiversité végétale, servant d'habitats aux arthropodes.

Une autre Projet, **PAEC** (Protection agroécologique des cultures horticoles), lui aussi financé par l'ODEADOM dans le cadre du Programme Sectoriel « Fruits et légumes » 2011-2013, comprend un volet de conception de pratiques de gestion d'habitats en cultures conventionnelles d'agrumes (couvertures végétales) et maraîchères (plantes refuges/pièges).

Par ailleurs, après les bons résultats du projet **GAMOUR**, le projet **BIOPHYTO**, financé par le CASDAR de 2012 à 2014, a pour finalité la mise au point d'une protection du manguiers sans insecticide. Les objectifs généraux sont de mobiliser l'ensemble de la filière autour de la valorisation d'une mangue produite sans insecticide, de concevoir et transférer une protection agroécologique du manguiers et de valoriser et diffuser le mode de production proposé. Mon projet de recherche s'inscrit dans deux des quatre objectifs spécifiques de BIOPHYTO :

- action 1 : concevoir et évaluer des pratiques agroécologiques de gestion de la biodiversité végétale dans des vergers pilotes (couvertures végétales permanentes du sol, plantes pièges et/ou refuges, bandes fleuries / enherbées) ;
- action 2 : caractériser la biodiversité animale fonctionnelle renouvelée (arthropodes) par l'absence de traitements insecticides et mesurer les services rendus aux équilibres bioécologiques des vergers pilotes.

Enfin, un autre projet (**RESCAM**) a été accepté en 2012 pour être financé (ECOPHYTO 2018). Il concerne un programme d'expérimentations, avec plusieurs partenaires, pour construire des systèmes de cultures maraîchers (à base de Solanacées) économes en intrants. Dans ce projet, le volet « caractérisation de la biodiversité fonctionnelle » est porté par le Cirad et est inscrit sur 6 ans (2013-2018).

En résumé, les trois axes de mon projet de recherche (bioécologie des arthropodes ravageurs, biodiversité fonctionnelle et gestion des habitats) s'insèrent harmonieusement à l'échelle locale dans les différentes activités en cours ou programmées (**GECOVA 6** de l'UMR PVBMT, action 2.3. de l'UMT SPAT). En outre, ces 3 axes constitueront l'essentiel des recherches des projets que j'ai conçus et lancés : **PROCAB** en Agriculture Biologique, **PAEC** en cultures fruitières et maraîchères, **BIOPHYTO** spécifiquement en vergers de mangues, **RESCAM** en systèmes maraîchers à base de tomates. Mon projet de recherche est également en phase avec les enjeux nationaux et internationaux.

3.5. Exemples de sujets de recherche portés par mon projet

Mon projet de recherche vise à la fois à acquérir des connaissances et à contribuer à répondre à des préoccupations appliquées du monde agricole ou de la société. Je propose ci-dessous quatre exemples de sujets de recherche, entrant dans ce cadre, à différents degrés de maturation. Ces quatre sujets constituent potentiellement des sujets de thèse.

3.5.1. Bioécologie et dynamique des populations de la Punaise du manguier *Orthops palus* (Heteroptera, Miridae) à La Réunion.

Ce sujet constitue le sujet d'une thèse dont le financement vient d'être obtenu en novembre 2012 (bourse Région Réunion). Le doctorant, Morguen Atiama, est un ancien étudiant en Master au sein de l'équipe, ancien volontaire au service civique au sein de l'équipe.

L'enjeu est d'acquérir des connaissances sur cet insecte, considéré comme le ravageur principal du manguier à La Réunion et dont on ne connaît presque rien (Amouroux et Normand, 2010). En effet, il n'est signalé comme ravageur du manguier qu'à La Réunion, donc pas étudié dans d'autres parties du monde : l'état des connaissances d'*Orthops palus* dans la littérature est des plus sommaires. Une bonne gestion de ses populations passe donc par des connaissances à acquérir.

Ce sujet comprend trois volets de recherche :

- biologie : mise au point d'une technique d'élevage ; cycle biologique ; effet de la température ;
- interactions « insecte-plante » : interactions avec le manguier et diverses plantes refuges ou hôtes ; préférences alimentaires et de ponte ;
- dynamique des populations : mise au point d'une technique d'échantillonnage des populations ; dynamique spatio-temporelle (échelles de l'arbre, du verger et de l'agroécosystème) ; modalités d'infestation et de dispersion.

Une étude préliminaire a été conduite sur la Punaise du manguier en 2012 par un étudiant de l'IUT, Yohan Trouspance [4.2.4.6.]. Elle confirme la pertinence des axes de recherche proposés dans la thèse et met aussi en lumière la présence dans les vergers de manguiers d'une autre punaise, appartenant à la même famille des Miridae, *Taylorilygus apicalis*, qu'il conviendra d'étudier conjointement.

3.5.2. Structure et fonctionnement de la biodiversité dans les vergers de manguiers à La Réunion

Les différentes espèces et les différents groupes biologiques et écologiques réagissent de manière variée à la fragmentation et à l'hétérogénéité du paysage. Chez les arthropodes des agroécosystèmes, les herbivores, les prédateurs spécialistes et les prédateurs généralistes partageant un même habitat, répondent différemment à sa fragmentation (Kruess et Tscharntke, 2000 ; With *et al.*, 2002 ; Bianchi *et al.*, 2006). L'abondance, la richesse spécifique et la diversité des prédateurs sont favorisées par la fragmentation élevée du paysage, sa structure complexe (Elliott *et al.* 1998) et son hétérogénéité (Weibull *et al.* 2003).

De plus, les propriétés des agroécosystèmes sont continuellement façonnées par les interventions humaines visant à assurer leur productivité. Les perturbations mécaniques, tout comme la toxicité des produits phytosanitaires insecticides et fongicides appliqués, peuvent être défavorables à la diversité fonctionnelle. Elles conduisent à la mortalité ou l'émigration des espèces prédatrices (Thorbek et Bilde, 2004) ou à la destruction de leurs ressources (habitats, disponibilité en proies) (Holland, 2004). Dans de nombreux agroécosystèmes, une végétation herbacée spontanée se développe, le phénomène étant favorisé en vergers par l'absence de compétition spatiale avec les arbres fruitiers. Ces plantes présentes sans faire l'objet d'une production (adventices), constituent par leur structure et leur composition des ressources : habitats et aliments. Néanmoins, étant le plus souvent considérées comme des « mauvaises herbes », elles font l'objet de traitements

herbicides chimiques et/ou d'une gestion mécanique (fauchage, travail du sol). Les applications d'herbicides peuvent alors réduire le ratio de richesse proies-prédateurs (Lockwood *et al.*, 1990). De même, la fréquence de fauchage des couverts végétaux herbacés influence la richesse spécifique des arthropodes prédateurs (Horton *et al.*, 2002). Parallèlement, le contrôle des arthropodes nuisibles est réalisé par l'application de substances actives biocides, à spectre large ou sélectif, agissant comme neurotoxiques ou régulateurs de croissance. La suppression de leurs proies et la toxicité de ces substances peuvent avoir des effets létaux ou sub-létaux sur les arthropodes prédateurs (Desneux *et al.*, 2007).

Pour une parcelle, la combinaison de ces différents types de pratiques agricoles définit le système de production, dont l'intensité de gestion augmente avec la quantité et la fréquence des différentes interventions. On peut aussi classer les cultures selon leur niveau d'intensification des pratiques, en considérant par exemple qu'une prairie (non traitée et non labourée) représente un niveau d'intensification plus faible qu'une culture de céréale dont le travail du sol et les intrants ont une occurrence pluriannuelle. L'effet du niveau de l'intensification des pratiques sur la richesse spécifique et la diversité des arthropodes dans les agroécosystèmes reste peu connu. Lorsqu'il s'agit d'un gradient de cultures où les interventions sont plus ou moins fortes, un faible niveau d'intensification semble systématiquement favorable à la présence de nombreuses espèces de prédateurs (Downie *et al.*, 1999 ; Batáry *et al.*, 2012). Lorsque différents niveaux d'intensification des pratiques sont comparés pour une même culture, les pratiques moins intensives sont favorables (Clough *et al.*, 2007) ou neutres (Clough *et al.*, 2005) sur la diversité des arthropodes.

Ce sujet de thèse porte sur la biodiversité des prédateurs terrestres dans les vergers de manguiers. De premières études ont montré que les araignées, les fourmis, ainsi que les dermaptères et les staphylins prédateurs constituent une guildes diversifiées dans les vergers de manguiers. L'insertion et l'entretien d'une plante de couverture permanente dans un verger représente à priori un habitat favorable à leur développement.

Le préalable de cette thèse a été la caractérisation et le suivi de l'évolution de la diversité de cette guildes dans un réseau de vergers ; cette phase est en cours de réalisation (2012). Une première étude a été conduite lors du stage de Maxime Jacquot en 2012 [4.2.2.16.]. D'une part, une revue bibliographique fait l'état des connaissances actuelles sur les différentes interactions engendrées par la présence de multiples prédateurs dans une communauté, pour les écosystèmes terrestres. D'autre part, l'étude réalisée dans le « laboratoire de campagne » a porté sur la mise en relation entre des facteurs de trois niveaux d'études différents et la diversité des arthropodes prédateurs épigés en vergers de manguiers. Les résultats confirment des effets de la biodiversité végétale, des pratiques agricoles et de l'hétérogénéité du paysage sur la biodiversité de la guildes. Cet étudiant est identifié comme postulant au projet de thèse. Cette étude, qui a porté sur plus de 85 000 arthropodes, a permis de planifier la rédaction de cinq projets d'articles scientifiques [4.1.1.29. ; 4.1.1.30. ; 4.1.1.31. ; 4.1.1.32. ; 4.1.1.33.].

Une mise en relation fine des propriétés de la guildes avec différents facteurs agroécosystémiques nécessite une approche concernant les réseaux trophiques. Les approches taxonomiques peuvent limiter les informations relatives à la fonction des individus. Au sein de la guildes, les individus d'espèces prédatrices distinctes peuvent avoir des fonctions identiques ; de même les individus d'une même espèce présentent des variations dans leur comportement et leur impact sur les proies (Sih *et al.*, 1998). Pour tenir compte de cette variabilité, Sih *et al.* (1998) proposent de considérer les types de prédateurs en *espèces trophiques*, chacune rassemble les différents individus en fonction de leur régime alimentaire (leur proie) et de leurs prédateurs. Connaître qualitativement la nature de ces interactions trophiques au sein des communautés fait appel aux outils moléculaires. Les analyses génétiques (PCR) et immunologiques (ELISA) des contenus intestinaux des arthropodes sont classiquement utilisées (Eskelson *et al.*, 2011 ; Juen *et al.*, 2011 ; Opatovsky *et al.*, 2012), avec une efficacité similaire (Fournier *et al.*, 2008). Les espèces trophiques pourraient ainsi être classées selon leur degré de spécialisation ou d'omnivorie. Puis l'utilisation de la méthode des isotopes stables permettrait d'évaluer la force des interactions des prédateurs généralistes, en révélant la part relative de chaque proie dans le régime alimentaire des prédateurs (McNabb *et al.*, 2001).

La thèse aura pour objectif principal de comprendre la structure et le fonctionnement des guildes de prédateurs terrestres épigés dans les vergers de manguiers, selon quatre objectifs spécifiques :

- caractériser les niveaux trophiques dans l'espace et le temps (réseau Biophyto) ;
- quantifier les facteurs explicatifs à différents niveaux trophiques ou échelles spatiales :
 - niveau interspécifique (espèces envahissantes),
 - niveau communautaire (composition et structure de la végétation herbacée),
 - échelle parcellaire (stades phénologiques de la culture et pratiques culturales),
 - échelle paysagère (occupation de l'espace) ;
- hiérarchiser les interactions trophiques ;
- prédire la structure des réseaux trophiques.

Les observations *in situ* de ce projet de thèse seront réalisées sur les 24 parcelles de manguiers du réseau déjà disponible du projet **BIOPHYTO**.

Une des originalités de cette thèse est de prendre en compte l'effet de facteurs simultanément à plusieurs échelles : les fourmis, l'environnement floristique de la parcelle, les stades phénologiques du manguiers, les pratiques agricoles, la fragmentation et la composition du paysage.

3.5.3. Diversité en arthropodes utiles des bords de parcelles des systèmes de cultures maraîchères et impact sur les ravageurs de ces cultures

Qu'ils soient entretenus ou spontanés, les bords des parcelles des systèmes de cultures maraîchères sont soumis à des pressions insecticides variables, selon qu'il s'agit de systèmes intensifs ou de systèmes conduits en Agriculture Biologique. Les bords de parcelles représentent des réservoirs susceptibles d'abriter différents niveaux de populations et de diversité d'arthropodes utiles : prédateurs et parasitoïdes pouvant réguler les populations d'arthropodes ravageurs dans les parcelles cultivées ; pollinisateurs (Marshall et Moonen, 2002 ; Meek *et al.*, 2002). Une étude préliminaire réalisée sur les bords de parcelles dans des agroécosystèmes maraîchers y a confirmé la richesse des arthropodes auxiliaires (Moffront, 2007) [4.2.2.2.].³

L'objectif de la thèse serait de mesurer l'impact de la faune auxiliaire présente dans les bords de parcelles sur la faune nuisible des parcelles cultivées. Il se décline en trois objectifs spécifiques :

- caractériser et suivre la biodiversité végétale et animale (arthropodes auxiliaires) des bords de parcelles sur un réseau de sites pilotes (réseau du projet **RESCAM**), représentant différents niveaux de pression insecticide ;
- caractériser les interactions « insecte – plante » dans les bords de parcelles et les interactions trophiques « plantes cultivées – herbivores – prédateurs ou parasitoïdes » dans les parcelles ;
- mesurer les services rendus par les arthropodes utiles majeurs sur la régulation des bioagresseurs, par des études de prédation ou de parasitisme au laboratoire. Ce sujet s'inscrit à moyen terme.

3.5.4. Biodiversité en milieux urbains, ruraux et naturels : étude de la biodiversité selon un gradient géographique Océan-Parc National à La Réunion.

Il s'agirait de suivre, sur la base de quelques bioindicateurs végétaux et animaux pertinents, les caractéristiques de la biodiversité dans trois types de milieux : milieu urbain (ville côtière de Saint-Pierre), agroécosystème (milieu rural dans les environs du village de l'Entre-Deux), milieu naturel (Parc National).

Ce sujet s'inscrit à plus long terme. Il demande de la maturation et des ponts à construire sur le plan scientifique entre différentes disciplines (écologie, agronomie, géographie, sociologie) et sur le plan institutionnel entre différents partenaires. Il fait suite à un mémoire de stage que j'ai encadré en 2009 (Duffour, 2009) [4.2.2.6.].

³ Un article sur ce sujet est en cours de préparation. Il porte sur des observations réalisées à la Martinique et il est coordonné par Béatrice Rhino, entomologiste que j'ai encadrée dans le cadre de son PDP (projet de développement pluri-annuel) et que je suis dans le cadre de sa thèse (comité de thèse) : To conserve tropical weed borders for the diversity of the functional arthropod groups. Cet article est destiné à la revue *Insect Conservation and Diversity*.

Ce projet de thèse renforcerait l'implication de l'UMR PVBMT dans l'enseignement à l'UFR Sciences de l'Homme et de l'Environnement (Le Tampon), dans le cadre du Master 2 « Génie Urbain et Environnement ». Cette thèse sera l'occasion de créer des partenariats scientifiques entre des équipes travaillant sur l'écologie des milieux naturels, agricoles et urbains.

En résumé, pour chacun de ces 4 sujets de thèse possibles, une double approche, analytique et systémique, est proposée. Les activités des doctorants sont partagées entre le laboratoire traditionnel en conditions contrôlées et le « laboratoire de campagne » *in situ*.

Sujet de thèse	Etudes préliminaires	Période de réalisation de la thèse	Candidat identifié
Punaise du manguier	Trousance (2012) [4.2.4.6.]	2012-2015	Morguen Atiama (1 ^{er} M2 Best 2011, Université de La Réunion)
Réseaux trophiques en vergers de manguiers	Jacquot (2012) [4.2.2.16.]	2013-2016	Maxime Jacquot (2 ^{ème} M2 Sciences de l'insecte 2012, Université Tours)
Biodiversité bords de parcelles	Moffront (2007) [4.2.2.2.]	D'ici 4 ans	?
Biodiversité sur un gradient à La Réunion	Duffourc (2009) [4.2.2.6.]	D'ici 5 ans	?

4. Production scientifique, encadrement, animation et gestion de la recherche

4.1. Liste de publications

4.1.1. Articles dans des revues internationales avec comité de lecture, répertoriées dans des bases de données internationales

- 4.1.1.1. Deguine J.-P., Gozé E., Leclant F. 1994. Incidence of early outbreaks of the aphid *Aphis gossypii* Glover in cotton growing in Cameroon. *International Journal of Pest Management*, 40, 132-140.
- 4.1.1.2. Deguine J.-P., Leclant F., 1996. Description et mode d'emploi d'un dispositif de piégeage des formes ailées du puceron du cotonnier *Aphis gossypii* Glover (Hemiptera : Aphididae) au Cameroun. *Annales de la Société Entomologique de France*, 32, 427-443.
- 4.1.1.3. Deguine J.-P., Martin J., Leclant F., 1999. Extreme polyphagy of *Aphis gossypii* Glover (Hemiptera: Aphididae) during the dry season in northern Cameroon. *Insect Science and its Application*, 19, 23-36.
- 4.1.1.4. Deguine J.-P., Gozé E., Leclant F., 2000. The consequences of late outbreaks of the aphids *Aphis gossypii* in cotton growing in Central Africa: towards a possible method for the prevention of cotton stickiness. *International Journal of Pest Management*, 46, 85-89.
- 4.1.1.5. Silvie P., Deguine J.-P., Nibouche S., Michel B., Vaissayre M., 2001. Potentiel of threshold-based interventions for cotton pest control by small farmers in West Africa. *Crop Protection*, 20, 297-301.
- 4.1.1.6. Gozé E., Nibouche S., Deguine J.-P., 2003. Spatial and probability distribution of *Helicoverpa armigera* (Hübner) (Lepidoptera: Noctuidae) in cotton: Systematic sampling, exact confidence intervals and sequential test. *Environmental Entomology*, 32, 1203-1210.

- 4.1.1.7. Beyo J., Nibouche S., Gozé E., Deguine J.-P., 2004. Application of probability distribution to the sampling of cotton bollworms (Lepidoptera: Noctuidae) in Northern Cameroon. *Crop Protection*, 23, 1111-1117.
- 4.1.1.8. Ferron P., Deguine J.-P. 2005. Crop protection, biological control, habitat management and integrated farming. *Agronomy for sustainable development*, 25, 17-24.
- 4.1.1.9. Deguine. J.-P., Ferron P., Russell D., 2008. Sustainable pest management for cotton production. A review. *Agronomy for Sustainable Development*, 28, 113-137.
- 4.1.1.10. Ryckewaert P., Deguine J.-P., Brévault T., Vayssières J.F., 2010. Fruit flies (Diptera: Tephritidae) on vegetable crops in Reunion Island: state of knowledge, control methods and prospects for management. *Fruits*, 65, 113-130.
- 4.1.1.11. Deguine J.-P., Atiama-Nurbel T., Quilici S., 2011. Net choice is key to the augmentorium technique of fruit fly sequestration and parasitoid release. *Crop Protection*, 30, 198-202.
- 4.1.1.12. Quilici S., Schmitt C., Franck A., Vidal J., Deguine J.-P., 2011. Adult diet and exposure to semiochemicals influence male mating success in *Ceratitis rosa* (Diptera: Tephritidae). *Journal of Applied Entomology*. doi: 10.1111/j.1439-0418.2011.01650.x
- 4.1.1.13. Atiama-Nurbel T., Deguine J.-P., Quilici S., 2012. Maize more attractive than Napier grass as non-host plants for *Bactrocera cucurbitae* and *Dacus demmerezi*. *Arthropod-Plant Interaction*, 6, 395-403, doi:10.1007/s11829-012-9185-4.
- 4.1.1.14. Deguine J.-P., Atiama-Nurbel T., Douraguia E., Chiroleu F., Quilici S., 2012. Species diversity within a community of the Cucurbit fruit flies *Bactrocera cucurbitae*, *Dacus ciliatus* and *Dacus demmerezi* roosting in corn borders near cucurbit production areas of Reunion Island. *Journal of Insect Science*, 12 (32). available online: insectscience.org/12.32.
- 4.1.1.15. Deguine J.-P., Douraguia E., Atiama-Nurbel T., Chiroleu F., Quilici S., 2012. Cage study of spinosad-based bait efficacy on *Bactrocera cucurbitae*, *Dacus ciliatus* and *Dacus demmerezi* in Reunion Island. *Journal of Economic Entomology*, 105, 1358-1365.

Articles soumis ou en préparation⁴

- 4.1.1.16. Atiama M., Schmitt C., Deguine J.-P., Quilici S., in preparation. Differential response of the males of two tephritid (*Bactrocera cucurbitae* and *Dacus demmerezi*) to para-pheromones.
- 4.1.1.17. Atiama-Nurbel T., Bouly K., Deguine J.-P., Bialecki A., Quilici S., in preparation. Olfactive attraction of *Bactrocera cucurbitae* (Diptera, Tephritidae) for different cucurbit host plants. *Bulletin of Entomological Research* ?
- 4.1.1.18. Atiama-Nurbel T., Boyer E., Bialecki A., Deguine J.-P., Quilici S., in preparation. Determination of the volatile profile of different species of Cucurbitaceae family by using HS-SPME and GC/IT-MS. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* ?
- 4.1.1.19. Atiama-Nurbel T., Deguine J.-P., in preparation. Piégeage sexuel des Mouches des légumes à La Réunion. Mise au point d'un piège sans insecticide. *Annales de la Société Entomologique de France* ?
- 4.1.1.20. Augusseau X., Deguine J.-P., Aubertot J.-N., in preparation. Simultaneous research and extension of a new strategy to manage pests in cucurbit agroecosystems in Reunion. How does the innovation met with general acceptance by farmers? *Agricultural Systems* ?
- 4.1.1.21. Deguine J.-P., Augusseau X., Aubertot J.-N., Quilici S., in preparation. Area-Wide Cucurbit Fruit Fly Management in Reunion Island. Socio-economic and technical results of three years in commercial farms. *Journal of Applied Entomology* ?
- 4.1.1.22. Deguine J.-P., Atiama M., Atiama-Nurbel T., Quilici S., in preparation. Laboratory study of spinosad-based bait efficacy on *Bactrocera cucurbitae*, *Dacus ciliatus* and *Dacus demmerezi* (Diptera: Tephritidae) in Reunion Island. *Crop Protection* ?
- 4.1.1.23. Deguine J.-P., Atiama-Nurbel T., Gilles B., François T., Atiama M., Jacquard C., Quilici S., in preparation. Unexpected low incidence of fruit flies (Diptera: Tephritidae) on chayote (*Sechium edule*) in Reunion Island. *Journal of Economic Entomology* ?
- 4.1.1.24. Deguine J.-P., Atiama-Nurbel T., Quilici S., in preparation. Concentrating fruit fly adults (Diptera: Tephritidae) on border plants as potential trap plants in cucurbit agroecosystems. *Crop Protection* ?

⁴ Les articles soumis ou en préparation sont présentés dans la liste à titre indicatif. Ils permettent d'apprécier la dynamique en cours de production scientifique et l'évolution des thématiques valorisées.

- 4.1.1.25. Deguine J.-P., Delpoux C., in preparation. Implementing a spinosad-based local bait station to control *Bactrocera cucurbitae* (Diptera, Tephritidae) in high rainy areas of Reunion Island. *Journal of Insect Science* ?
- 4.1.1.26. Deguine J.-P., Gozé E., in preparation. Spatial and temporal dynamics of the populations of *Aphis gossypii* Glover (Hemiptera: Aphididae) in cotton. *Agronomy for Sustainable Development* ?
- 4.1.1.27. Gozé E., Deguine J.-P., in preparation. Spatial and probability distribution of *Aphis gossypii* Glover (Hemiptera: Aphididae) in cotton: systematic and sequential sampling. *Environmental Entomology* ?
- 4.1.1.28. Jacquard C., Delatte H., Deguine J.-P., Quilici S., in preparation. Biotic and abiotic factors influencing the distribution and prevalence of three tephritid pests infesting cucurbits in La Réunion.
- 4.1.1.29. Jacquot M., Chiroleu F., Tenailleau M., Atiama M., Moutoussamy M.-L., Ajaguin Soleyen C., Deguine J.-P., in preparation. How to measure biodiversity in agroecosystems: the case of epigeal arthropods predators in mango orchards in Reunion Island? *Entomologia Experimentalis et Applicata* ou *Journal of Insect Conservation* ou *Agronomy for Sustainable Agriculture* ?
- 4.1.1.30. Jacquot M., Gasnier S., Rochat J., Ledoux J.-C., Deguine J.-P., en préparation. Inventaire des araignées (Araneae) en vergers de manguiers à La Réunion. *Revue Arachnidologique* ?
- 4.1.1.31. Jacquot M., Tenailleau M., Chiroleu F., Giraud-Carrier C., Tixier P., Atiama M., Deguine J.-P., Quilici S., Reynaud B., in preparation. Effects of local and landscape factors on epigeal arthropods predators in mango orchards orchards in Reunion Island. *Agriculture, Ecosystems & Environment* ?
- 4.1.1.32. Jacquot M., Tenailleau M., Clémencet J., Chiroleu F., Giraud-Carrier C., Atiama M., Rochat J., Deguine J.-P., Quilici S., Reynaud B., in preparation. Causes and consequences of invasive ant species presence on mango agroecosystems orchards in Reunion Island. *Ecology* ?
- 4.1.1.33. Jacquot M., Tenailleau M., Rochat J., Deguine J.-P., en préparation. Inventaire des fourmis (Hymenoptera : Formicidae) en vergers de manguiers à La Réunion. *Journal du Museum National d'Histoire Naturelle* ?
- 4.1.1.34. Quilici S., Schmitt C., Trelluyer M., Franck A., Penarrubia E., Deguine J.-P., De Meyer M., Virgilio M., Mwatawala M., Chiroleu F., in preparation. Enriched Ginger Oil, a new standard sexual attractant for the detection of exotic *Ceratitis* spp. (Diptera: Tephritidae). *PLOS One* ?

4.1.2. Articles dans des revues nationales avec comité de lecture, répertoriées dans des bases de données internationales

- 4.1.2.1. Castella, J.C., Deguine, J.-P. 2006. Cycles phytosanitaires et variabilité des systèmes cotonniers. *Cahiers Agricultures*, 15, 102-108
- 4.1.2.2. Deguine J.-P., Ferron P. 2006 . Protection des cultures, préservation de la biodiversité, respect de l'environnement. *Cahiers Agricultures*, 15, 307-311
- 4.1.2.3. Ferron P., Deguine, J.P , Ekorong à Mouté J., 2006. Evolution de la protection phytosanitaire du cotonnier : un cas d'école. *Cahiers Agricultures*, 15, 128-134
- 4.1.2.4. Pichot J.-P., Sedogo M., Deguine J.-P., 2006. De nouveaux défis pour la recherche cotonnière dans un contexte difficile. *Cahiers Agricultures*, 15, 50-15
- 4.1.2.5. Russell D., Deguine J.-P., 2006. Durabilité de la culture de cotonniers transgéniques en Chine et en Inde. *Cahiers Agricultures*, 15, 54-59.
- 4.1.2.6. Deguine J.-P., Atiama-Nurbel T., Rousse P., 2011. L'augmentorium, un outil de protection agroécologique des cultures. Conception et évaluation en milieu producteur à l'île de La Réunion. *Cahiers agricultures*, 20, 261-265.
- 4.1.2.7. Deguine J.-P., Atiama M., Lavigne A., 2012. Dynamique des populations de Mouches des légumes durant l'hiver austral à La Réunion. *Cahiers Agricultures*, doi.org/10.1684/agr.2012.0596 (sous presse).

4.1.3. Articles dans des revues internationales ou nationales avec comité de lecture, non répertoriées dans des bases de données internationales

- 4.1.3.1. Deguine J.-P., 1988. Bilan de la protection des cultures cotonnières au Tchad par la technique UBV. *Coton et Fibres Tropicales*, 43, 235-247.
- 4.1.3.2. Deguine J.-P., 1989. Etude du recouvrement des cotonniers par les techniques de pulvérisation à très bas volume (TBV) et à ultra bas volume (UBV) au moyen de traceurs fluorescents. *Coton et Fibres Tropicales*, 44, 229-238.
- 4.1.3.3. Deguine J.-P., Asfom P. 1989. Traitements insecticides à très bas volume (TBV) en culture cotonnière au Cameroun. Premières observations en milieu producteur. *Coton et Fibres Tropicales*, 44, 323-333.

- 4.1.3.4. Deguine J.-P., 1991. *Anomis flava* (Fabricius, 1775) (Lepidoptera, Noctuidae, Ophiderinae). *Coton et Fibres Tropicales*, 46, 105-142.
- 4.1.3.5. Deguine J.-P., 1991. Observations sur des carabiques prédateurs de chenilles déprédatrices du cotonnier au Nord-Cameroun. *Coton et Fibres Tropicales*, 46, 249-255.
- 4.1.3.6. Deguine J.-P., 1992. Considérations pour une lutte intégrée vis-à-vis du puceron *Aphis gossypii* Glover en culture cotonnière en Afrique centrale. *Revue Scientifique du Tchad*, 2, 74- 82.
- 4.1.3.7. Deguine J.-P., Ekukole G., Amiot E., 1993. La lutte étagée ciblée : un nouveau programme de protection insecticide en culture cotonnière au Cameroun. *Coton et Fibres Tropicales*, 48, 99-119.
- 4.1.3.8. Deguine J.-P., Ekukole G., 1994. A new cotton crop protection programme in Cameroon. *Agriculture et Développement*, Special Issue, 41-45.
- 4.1.3.9. Deguine J.-P., Ekukole G., 1994. Nouveau programme de protection en culture cotonnière au Cameroun. *Agriculture et Développement*, 1, 59-63.
- 4.1.3.10. Tixier C., Deguine J.-P., Alioum, 1995. Technique d'élevage d'*Aphis gossypii* et méthode de mesure de sa sensibilité aux insecticides. *Agriculture et Développement*, 8, 56-58.
- 4.1.3.11. Deguine J.-P., 1996. The evolution of insecticide resistance in *Aphis gossypii* Glover (Hemiptera: Aphidiae) in Cameroon. *Resistance Pest Management Newsletter*, 8, 13-14.
- 4.1.3.12. Martin J., Deguine J.-P., 1996. Pour une gestion raisonnée des résidus de cotonniers au Cameroun. *Agriculture et Développement*, 9, 41-46.
- 4.1.3.13. Seignobos C., Deguine J.-P., Aberlenc H.P., 1996. Les Mofu et leurs insectes. *Journal d'Agriculture Traditionnelle et de Botanique Appliquée*, 38, 125-187.
- 4.1.3.14. Vaissayre M., Deguine J.-P., 1996. Programme de protection du cotonnier en Afrique francophone. 1. Evolution des aspects techniques. *Phytoma*, 489, 26-29.
- 4.1.3.15. Vaissayre M., Deguine J.-P., 1996. Programmes de protection du cotonnier en Afrique francophone. 2. Les contraintes. *Phytoma*, 489, 30-35.

- 4.1.3.16. Deguine J.-P., Vaissayre M., Hau B., 1998. *Bemisia tabaci* sur cotonnier au Sénégal : analyse de la situation et recommandations. *Agriculture et Développement*, 20, 19-23.
- 4.1.3.17. Nibouche S., De Chazeaux R., Deguine J.-P., Martin T., Vaissayre M., 1998. Dégâts dus à l'aleurode *Bemisia tabaci* (Gennadius) en culture cotonnière : évolutions récentes en Afrique de l'Ouest. *Agriculture et Développement*, 20, 13-18.
- 4.1.3.18. Vaissayre M., Menozzi P., Nibouche S., Deguine J.-P., 1998. Les aleurodes dans les systèmes de cultures cotonniers : biologie et gestion des populations. *Agriculture et Développement*, 20, 4-17.
- 4.1.3.19. Deguine J.-P., 1999. Les bases stratégiques de la recherche cotonnière au Cirad. *Agriculture et Développement*, 22, 113-120.
- 4.1.3.20. Deguine J.-P., Vaissayre M., Hau B., 1999. *Bemisia tabaci* on cotton in Senegal: analysis of the situation and recommendations. *Agriculture et Développement, Special issue*, December 1999, 16-20.
- 4.1.3.21. Nibouche S., de Chazeaux R., Deguine J.-P., Martin J., Vaissayre M., 1999. Damage due to the whitefly *Bemisia tabaci* (Gennadius) on cotton: recent developments in West Africa. *Agriculture et Développement, Special issue*, December 1999, 11-15.
- 4.1.3.22. Vaissayre M., Menozzi P., Nibouche S., Deguine J.-P., 1999. Whiteflies in cotton-growing systems: biology and population management. *Agriculture et Développement, Special issue*, December 1999, 2-10.
- 4.1.3.23. Deguine J.-P., 2000. Technical innovation in West African cotton production: Evaluation and outlook. *Cotton Outlook, Special Feature*, December 2000, 6-21.
- 4.1.3.24. Deguine J.-P., Ferron, P., 2004. Protection des cultures et développement durable : bilan et perspectives. *Courriers de l'environnement de l'Inra*, 52, 57-65.
- 4.1.3.25. Augusseau X., Deguine J.-P., Douraguia E., Duffourc V., Gourlay J., Insa G., Lasne A., Le Roux K., Poulbassia E., Rousse P., Roux E., Suzanne W., Tilma P., Trules E., 2011. Gamour, l'agroécologie en action à La Réunion. *Phytoma*, 642, 33-37.

- 4.1.3.26. Deguine J.-P., Rousse P., Le Roux K., Augusseau X., 2011. Agroecological crop protection in Reunion: first results in commercial farm conditions. *Communications in Agricultural and Applied Biological Sciences*, 76, 107-118.

Articles en préparation

- 4.1.3.27. Deguine J.-P., soumis. La protection contre les Mouches des légumes en Agriculture Biologique à La Réunion. *Alter Agri*.
- 4.1.3.28. Deguine J.-P., Augusseau X., Insa G., Jolet M., Le Roux K., Marquier M., Rousse P., Roux E., Soupapoullé Y., Suzanne W., 2013. Gestion agroécologique des Mouches des légumes à La Réunion. *Innovations agronomiques* (accepté).

4.1.4. Ouvrages scientifiques

- 4.1.4.1. Deguine J.-P., Ferron P., Russell D. 2008. *Protection des cultures : de l'agrochimie à l'agroécologie*. Editions Quae, Versailles, 187 p.⁵
- 4.1.4.2. Deguine J.-P., Ferron P., Russell D., 2009. *Crop Protection: from Agrochemistry to Agroecology*. Science Publishers, Enfield, NH, USA, 190 p.

4.1.5. Chapitres d'ouvrages scientifiques

- 4.1.5.1. Deguine J.-P., 1991. *Anomis flava* (Fabricius, 1775) (Lepidoptera, Noctuidae, Ophiderinae). *Coton et Fibres Tropicales*, Série les déprédateurs du cotonnier en Afrique tropicale et dans le reste du monde, n°5, 38 p.
- 4.1.5.2. Renou A., Deguine J.-P., 1992. Ravageurs et protection de la culture cotonnière au Cameroun. *Coton et Fibres Tropicales*, Série Documents, études et synthèses, n° 13, 52 p.
- 4.1.5.3. Leclant F., Deguine J.-P., 1994. Cotton aphids (Hemiptera : Aphididae). In: Matthews G.A., Tunstall J.-P. (eds), *Insect pests of cotton*. CAB International, Wallingford, 285-323.
- 4.1.5.4. Deguine J.-P., Leclant F., 1997. *Aphis Gossypii* Glover (Hemiptera, Aphididae). *Coton et Fibres Tropicales*, Série les déprédateurs du cotonnier en Afrique tropicale et dans le reste du monde, n°11, 113 p.

⁵ Ouvrage en réédition (première diffusion épuisée).

- 4.1.5.5. Renou A., Deguine J.-P. 2002. Agriculture générale. Modifier les itinéraires techniques : la protection contre les maladies et les ravageurs. *Mémento de l'agronome*. CIRAD, Montpellier, 685-715.
- 4.1.5.6. Ratnadass A., Mourichon X., Vaissayre M., Quilici S., Deguine J.-P., 2003. Integrated pest management experiences of Cirad-France in developing countries. *In: Maredia K.M., Dakouo Dona (eds), Mota-Sanchez David (ed.). Integrated pest management in the global arena*. CAB International, Wallingford, 453-465.
- 4.1.5.7. Deguine J.-P, Ferron P., 2005. Gestion agroécologique des populations d'insectes piqueurs suceurs en culture cotonnière. *In: Régnauld-Roger C. (ed.), Enjeux phytosanitaires pour l'agriculture et l'environnement*. Lavoisier, Paris, 367-383.
- 4.1.5.8. Ferron P., Deguine J.-P., 2005. Vers une conception agro-écologique de la protection des cultures. *In: Régnauld-Roger C. (ed.), Enjeux phytosanitaires pour l'agriculture et l'environnement*. Lavoisier, Paris, 347-366.
- 4.1.5.9. Deguine J.-P., Vaissayre M., Leclant F., 2007. IPM case studies: cotton. *In: Van Emden H.F., Harrington R. (eds), Aphids as crop pest*. CAB International, Wallingford, 573-585.
- 4.1.5.10. Deguine. J.-P., Ferron P., Russell D., 2009. Sustainable pest management for cotton production. A review. *In: Lichtfouse E., Navarette M., Debaeke P., Souchère V., Alberola C. (eds), Sustainable Agriculture*. Springer (Dordrecht, Heidelberg, London, New York), 411-442.
- 4.1.5.11. Ferron P., Deguine J.-P., 2009. Crop protection, biological control, habitat management and integrated farming. *In : Lichtfouse E., Navarette M., Debaeke P., Souchère V., Alberola C. (eds), Sustainable Agriculture*. Springer (Dordrecht, Heidelberg, London, New York), 461-470.
- 4.1.5.12. Deguine J.-P., Rousse P., Atiama-Nurbel T., 2012. Agroecological Crop Protection: concepts and a case study from Reunion. *In: Larramendy L., Soloneski S. (eds), Integrated Pest Management and Pest Control – Current and Future Tactics*. ISBN 978-953-51-0050-8, Intech Publisher, 63-76.

Chapitres d'ouvrages acceptés

- 4.1.5.13. Deguine J.-P., Penvern S., accepted. Contribution of agroecology to plant protection in Organic Farming. Relevance and Limits. *In*: Penvern S., Savini I., Bellon S. (eds), *Organic Farming, prototype for Agriculture?* Springer (Dordrecht, Heidelberg, London, New York).
- 4.1.5.14. Deguine J.-P., Ratnadass A., accepté. Gestion des habitats. Deguine J.-P., Ratnadass A., in press. Gestion des habitats. *In*: Thiery D., Calatayud P.-A., Sauvion N., Marion-Poll F. (eds), *Des insectes et des plantes*. Publibook et Editions IRD.
- 4.1.5.15. Ratnadass A., Deguine J.-P., accepté. Plantes cultivées vs plantes “sauvages”. *In*: Thiery D., Calatayud P.-A., Sauvion N., Marion-Poll F. (eds), *Des insectes et des plantes*. Publibook et Editions IRD.

4.1.6. Coordination scientifique de numéros spéciaux de revues

- 4.1.6.1. Deguine J.-P., Pichot., J.-P. (coordinateurs scientifiques), 2006. Le coton, des futurs à construire. *Numéro spécial de la revue Cahiers Agriculture*. Editions John Libbey. Volume 15, n°1, janvier-février, 170 p.

4.1.7. Articles dans des ouvrages d'organismes de recherche ou de sociétés savantes

- 4.1.7.1. Deguine J.-P., Martin J., Merlier H., Leclant F., 1997. Inventaire des plantes-hôtes d'*Aphis gossypii* Glover (Hemiptera, Aphididae) en Afrique. *Documents de travail du Cirad-ca*, n° 3-97, 18 p.
- 4.1.7.2. Bachelier B., Deguine J.-P., Ekorong J., Klassou C., Martin J., 1997. Le cotonnier à feuilles okra : synthèse des études réalisées au Cameroun. *Documents de travail du Cirad-ca*, 33 p.
- 4.1.7.3. Deguine J.-P., Vaissayre M., 1998. Protection phytosanitaire du cotonnier dans les systèmes de culture d'Afrique de l'Ouest. *In*: Deguine J.-P., Marnotte P., Vaissayre M., Vassal J.-M. (eds), *Protection phytosanitaire du cotonnier en Afrique sub-saharienne*. 1998. Cmdt, Ségou (Mali), 129 p.
- 4.1.7.4. Deguine J.-P., Duneau D., de Dinechin M., Picq P., 2006. L'Homme de Florès. L'évolution de l'Homme et *Homo floresiensis*. *Annales de la Société d'Horticulture et d'Histoire Naturelle de l'Hérault*, 146, 87-94.

- 4.1.7.5. de Dinechin M., Deguine J.-P., Duneau D., 2006. L'Homme de Florès. La découverte d'une nouvelle espèce humaine. *Annales de la Société d'Horticulture et d'Histoire Naturelle de l'Hérault*, 146, 38-45.
- 4.1.7.6. Duneau D., Deguine J.-P., de Dinechin M., Blondel J., 2006. L'Homme de Florès. Nanisme et gigantisme insulaire. *Annales de la Société d'Horticulture et d'Histoire Naturelle de l'Hérault*, 146, 57-66.
- 4.1.7.7. Deguine J.-P., 2007. Agroecological management of populations of phloem-feeding insects in cotton farming systems. In: Sforza R (ed.), *Biological control, biodiversity, and ecology in plant protection. Les dossiers d'Agropolis*, 4, 50-51.
- 4.1.7.8. Deguine J.-P., 2007. Agroecology: another vision of sustainable agriculture. In: Sforza R (ed.), *Biological control, biodiversity, and ecology in plant protection. Les dossiers d'Agropolis*, 4, 44.
- 4.1.7.9. Sforza R., Deguine J.-P., 2007. Controlling populations. In: Sforza R (ed.), *Biological control, biodiversity, and ecology in plant protection. Les dossiers d'Agropolis*, 4, 32-33.

4.1.8. Mémoires et thèse diplômants

- 4.1.8.1 Deguine J.-P., 1983. *Valorisation agricole des boues de la station d'épuration de Nancy-Maxeville*. DEA de Gestion Industriel, Institut National Polytechnique de Lorraine. Ecole Nationale Supérieure de Génie des Systèmes Industriels de Nancy, Nancy, 56 p.
- 4.1.8.2. Deguine J.-P., 1995. *Bioécologie et épidémiologie du puceron Aphis gossypii Glover, 1877 (Hemiptera, Aphididae) sur cotonnier en Afrique centrale. Vers une évolution de la protection phytosanitaire*. Thèse de Doctorat en Sciences agronomiques, Ecole Nationale Supérieure Agronomique de Montpellier, Montpellier, 138 p.
- 4.1.8.3. Deguine J.-P., 2006. *Etude des communautés d'insectes coprophiles des systèmes d'élevage du Larzac méridional*. Master 2 Recherche en Biologie, Géosciences, Agroressources, Environnement, Parcours Biologie de l'Evolution et Ecologie, Université Montpellier II Sciences et Techniques du Languedoc. Ecole Nationale Supérieure Agronomique de Montpellier, Montpellier, 30 p.

4.1.9. Conférence donnée à l'invitation du comité scientifique d'une conférence internationale

- 4.1.9.1. Sur invitation du Comité scientifique de la 3^{ème} conférence mondiale de la recherche cotonnière : Conférence donnée en tant que Plenary Speaker dans la session plénière. *Aphid and whitefly management in cotton growing: review and challenges for the future*. World Cotton Research Conference, mars 2003, Cape Town, Afrique du Sud.

4.1.10. Edition scientifique de colloques

- 4.1.10.1. Deguine J.-P. (ed.), 1990. Comité de programme. Compte-rendu. Commission régionale défense des cultures IRCT Afrique Centrale. Commission régionale de défense des cultures IRCT-Afrique centrale, 26-30 Janvier 1990, Garoua (Cameroun). CIRAD-IRCT, Paris, 170 p.
- 4.1.10.2. Deguine J.-P. (ed.), 1994. Réunion phytosanitaire de coordination. Cultures annuelles, Afrique centrale. 11-13 Janvier 1994. Maroua (Cameroun). CIRAD-IRCT, Paris, 135 p.
- 4.1.10.3. Deguine J.-P., Fok M., Gaborel C. (eds), 2000. Rôle et place de la recherche pour le développement des filières cotonnières en évolution en Afrique : actes. (Colloques : CIRAD). Séminaire sur le Rôle et la place de la recherche pour le développement des filières cotonnières en évolution en Afrique, 1-2 Septembre 1999, CIRAD, Montpellier, 237 p.
- 4.1.10.4. Deguine J.-P. (ed.), 2012. Gestion agroécologique des Mouches des légumes à La Réunion. Séminaire final du projet Gamour. 21-24 novembre 2011, Saint-Pierre (sous presse).

4.1.11. Communications dans des congrès internationaux (publiées)

- 4.1.11.1. Deguine J.-P., Silvie P., 1988. Un nouveau programme de protection insecticide en culture cotonnière au Tchad : augmentation des cadences de traitement et réduction des doses. *Mededelingen van de Faculteit Landbouwwetenschappen Rijkuniversiteit Gent*, Gand (Belgique), 53, 2b, 771-787.
- 4.1.11.2. Deguine J.-P., 1989. Les techniques d'application d'insecticides en culture cotonnière (cas du B.V. à l'eau). *Actes de la 1ère conférence de la recherche cotonnière africaine*, Lomé (Togo), 2, 204-214.

- 4.1.11.3. Deguine J.-P., Asfom P., 1989. Traitements insecticides à bas volume (BV) en culture cotonnière au Cameroun. *Actes de la 1^{ère} Conférence de la Recherche Cotonnière Africaine*, Lomé (Togo), 2, 261-270.
- 4.1.11.4. Deguine J.-P., 1992. Considérations pour une lutte intégrée vis-à-vis du puceron *Aphis gossypii* Glover en culture cotonnière en Afrique centrale. Réunion phytosanitaire de coordination cultures annuelles Afrique centrale, *Revue Scientifique du Tchad*, 2, 74- 82.
- 4.1.11.5. Deguine J.-P., 1994. Nouvelles orientations en matière de lutte intégrée vis-à-vis d'*Aphis gossypii* Glover en culture cotonnière au Cameroun. *Actes de la Réunion phytosanitaire de coordination cultures annuelles. Afrique centrale*, Maroua (Cameroun), 146-153.
- 4.1.11.6. Silvie P., Deguine J.-P., 1994. The entomophthorale *Neozygites fresenii*, pathogenic to the cotton pest, *Aphis gossypii*, in Africa. *Proceedings of the International colloquium on invertebrate pathology and microbial control*, Montpellier, 313-314.
- 4.1.11.7. Deguine J.-P., Ekukole G., 1997. Protection phytosanitaire du cotonnier. *Actes de l'atelier d'échange agricultures des savanes du Nord-Cameroun : vers un développement solidaire des savanes d'Afrique centrale*, Garoua (Cameroun), 389-408.
- 4.1.11.8. Deguine J.-P., Ekukole G., Nibouche S., 1997. Lutte étagée ciblée et pulvérisation à très bas volume. Une protection insecticide du cotonnier moins onéreuse et plus respectueuse de l'environnement. *Actes de l'atelier d'échange agricultures des savanes du Nord-Cameroun : vers un développement solidaire des savanes d'Afrique centrale*, Garoua (Cameroun), 505-506.
- 4.1.11.9. Deguine J.-P., Leclant F. 1997. Gestion intégrée des populations de pucerons en culture cotonnière en Afrique Sub-Saharienne. *Actes de la Conférence internationale sur les ravageurs en agriculture (ANPP)*, Montpellier, 593-600.
- 4.1.11.10. Martin J., Deguine J.-P., 1997. Résidus de cotonniers : de nouvelles recommandations. *Actes de l'atelier d'échange agricultures des savanes du Nord-Cameroun : vers un développement solidaire des savanes d'Afrique centrale*, Garoua (Cameroun), 506 (1 p).

- 4.1.11.11. Vaissayre M., Deguine J.-P. ,1997. La protection raisonnée du cotonnier en Afrique francophone : vers une adaptation des programmes aux situations rencontrées *Actes de la Conférence internationale sur les ravageurs en agriculture (ANPP)*, Montpellier, 665-672.
- 4.1.11.12. Deguine J.-P., 1998. The image of cotton in the world. *Statements of the 57th Plenary Meeting of the International Cotton Advisory*, Santa Cruz (Bolivie), 49-50.
- 4.1.11.13. Deguine J.-P., Bélot J.L., Séguy L., Gaborel C., Dessauw D., 1998. Reducing cotton production costs: examples of CIRAD's results successfully transferred to farmers. *Proceedings of the 57th Plenary Meeting of the International Cotton Advisory*, Santa Cruz (Bolivie). 26-28.
- 4.1.11.14. Gozé E., Deguine J.-P., 1998. Spatial and probability distribution of *Aphis gossypii* infestation in West Africa. Application to non-random field sampling. *Proceedings of the 2nd World Cotton Research Conference, New Frontiers in Cotton Research*, Athènes (Grèce), 2, 885-886.
- 4.1.11.15. Gozé E., Nibouche S., Deguine J.-P., 1998. Bollworm sampling for action thresholds in sub-saharan Africa : spatial and probability distribution. *Proceedings of the 2nd World Cotton Research Conference. New Frontiers in Cotton Research*, Athènes (Grèce), 2, 883-884.
- 4.1.11.16. Silvie P., Deguine J.-P., Nibouche S., Michel B., Vaissayre M., 1998. Procedures, advantages and constraints of staggered targeted control programmes on cotton in West Africa. *Proceedings of the 2nd World Cotton Research Conference, New Frontiers in Cotton Research*, Athènes (Grèce), 2, 829-832.
- 4.1.11.17. Aberlenc H.P., Deguine J.-P., 1999. Les insectes des monts Mandara. Le regard des Mofu-Diamaré et le regard de l'entomologiste. *Actes du Colloque du Réseau Méga-Tchad : L'homme et l'animal dans le bassin du lac Tchad*, Paris, 109-132.
- 4.1.11.18. Deguine J.-P., 1999. An Inflexion in Cotton Research in West Africa. *Statements. 58th Plenary Meeting of the International Cotton Advisory Committee*. Charleston (Etats-Unis), octobre 1999, 17-18.
- 4.1.11.19. Deguine J.-P., 2000. Les actions du Cirad pour une nouvelle culture du cotonnier. *Actes du Séminaire sur le Rôle et la place de la recherche pour le développement des filières cotonnières en évolution en Afrique*, Montpellier, 193-201.

- 4.1.11.20. Deguine J.-P., 2000. Un séminaire sur le rôle et la place de la recherche cotonnière en Afrique : pour quelles raisons ? Dans quels buts ? Comment ? *Actes du Séminaire sur le Rôle et la place de la recherche pour le développement des filières cotonnières en évolution en Afrique*, Montpellier, 10-12.
- 4.1.11.21. Deguine J.-P., Fok M., Vaissayre M., Crétenet M., Rollin D., Marnotte P., Gurlot J.-P., Lacape M., Chair H., Lançon J., 2000. The evolution of research and development work performed by Cirad in partnership with small cotton growers in French-speaking West Africa. *Proceedings of the 59th Plenary meeting of the International Cotton Advisory Committee, Cairns (Australie)*, 25-36.
- 4.1.11.22. Deguine J.-P., Vaissayre M., 2000. Propositions pour une gestion durable des populations de pucerons d'aleurodes chez les petits producteurs de coton africains. *Actes de la Réunion phytosanitaire CORAF (Réseau coton)*, Lomé (Togo), 209-216.
- 4.1.11.23. Vaissayre M., Deguine J.-P., 2000. Place de la protection phytosanitaire dans le projet d'une nouvelle culture du cotonnier en Afrique *Actes de la Réunion phytosanitaire CORAF (Réseau coton)*, Lomé (Togo), 21-25.
- 4.1.11.24. Deguine J.-P., Feldmann P., 2003. Développement durable et protection des cultures, vers une nouvelle approche. *Actes des Assises de la recherche en Amazonie. Quelles recherches pour quel développement durable en Amazonie ? Communications et débats*. Conseil Régional de Guyane, Cayenne (Guyane), 80-85.
- 4.1.11.25. Deguine J.-P., Vaissayre M., Ferron P., 2003. Aphid and whitefly management in cotton growing: review and challenges for the future. *Proceedings of the 3rd World Cotton Research Conference. Cotton production for the new millennium*, Cape Town (Afrique du Sud), 1124-1141.
- 4.1.11.26. Lançon J., Wéry J., Rapidel B., Angokaye M., Ballo D., Brévault T., Cao T.V., Deguine J.-P., Dugué P., Fadegnon B., Fok M., Gaborel C., Gérardeaux E., Klassou C., Yattara A., 2003. Prototyping crop management systems for specific cotton growing conditions. *Proceedings of the 3rd World Cotton Research Conference. Cotton production for the new millennium*, Cape Town (Afrique du Sud), 636-639.
- 4.1.11.27. Deguine J.-P., Ferron P., 2004. Protection des cultures et développement durable. Bilan et perspectives. *Actes du colloque international « Développement durable : leçons et perspectives »*, Ouagadougou (Burkina Faso), 33-40.

- 4.1.11.28. Deguine J.-P., Russell D., Ferron P., 2007. Agroecology and Ecological Engineering for Pest Management. Cotton Protection as a Case Study. *Proceedings of the 4th World Cotton Research Conference*, Lubbock (Texas), wrcr40601_1175_1284.
- 4.1.11.29. Deguine J.-P., Atiama-Nurbel T., 2010. An original sanitation technique for the management of pests in organic agriculture in Reunion Island. *Proceedings of the International Conference on Organic Agriculture in Scope of Environmental Problems*, Famagusta (Chypre), 139-148.
- 4.1.11.30. Jacquard C., Deguine J.-P., Delatte H., Payet C., Quilici S., 2010. Effects of intraspecific competition on the larval development and pupal weight of Dacini (Diptera : Tephritidae) infesting cucurbits in La Réunion. *Book of abstracts of the 8th International Symposium on Fruit Flies of Economic Importance*, Valencia (Espagne), 49.
- 4.1.11.31. Quilici S., Duyck P.-F., Brévault T., Rousse P., Jacquard C., Delatte H., Deguine J.-P., Lereculeur A., Wattier C., Atiama-Nurbel T., Hurtrel B., Franck A., Simiand C., Chiroleu F., 2010. Tritrophic interactions in the complexes of Fruit Flies damaging fruit and vegetable crops in La Réunion Island. *Book of abstracts of the 8th International Symposium on Fruit Flies of Economic Importance*, Valencia (Espagne), 131.
- 4.1.11.32. Atiama M., Ajaguin Soleyen C., Atiama Nurbel T., Belizaire J., Chiroleu F., Duval M., Moutoussamy M.-L., Petitgas C., Quilici S., Tenailleau M., Deguine J.-P., 2011. L'augmentorium, un outil de prophylaxie contre les Tephritidae. *Actes du séminaire de clôture du projet Gamour*, Saint-Pierre (La Réunion) (sous presse).
- 4.1.11.33. Atiama-Nurbel T., Ajaguin Soleyen C., Atiama M., Bonnet E., Douraguia E., François T., Gilles B., Moutoussamy M.-L., Chiroleu F., Petite A., Quilici S., Tenailleau M., Deguine J.-P., 2011. Activités et rythmes circadiens des mouches des Cucurbitaceae à La Réunion. *Actes du séminaire de clôture du projet Gamour*, Saint-Pierre (La Réunion) (sous presse).
- 4.1.11.34. Atiama-Nurbel T., Ajaguin Soleyen C., Atiama M., Moutoussamy M.-L., Quilici S., Tenailleau M., Deguine J.-P., 2011. Un système de piégeage sexuel sans insecticide contre *Bactrocera cucurbitae* et *Dacus demmerezii* : mise au point et efficacité en milieu producteur. *Actes du séminaire de clôture du projet Gamour*, Saint-Pierre (La Réunion) (sous presse).

- 4.1.11.35. Atiama-Nurbel T., Quilici S., Bialecki A., Deguine J.-P., 2011. Stimuli olfactifs impliqués dans la recherche de sites de ponte pour les femelles de *Bactrocera cucurbitae* et *Dacus ciliatus*. *Actes du séminaire de clôture du projet Gamour*, Saint-Pierre (La Réunion) (sous presse).
- 4.1.11.36. Deguine J.-P., 2011. Gamour : genèse, déroulement et bilan. *Actes du séminaire de clôture du projet Gamour*, Saint-Pierre (La Réunion) (sous presse).
- 4.1.11.37. Deguine J.-P., Ajaguin Soleyen C., Atiama M., Atiama-Nurbel T., Chiroleu F., Bonnet E., Douraguia E., Moutoussamy M.-L., Petite A., Tenailleau M., Quilici S., 2011. Caractéristiques des communautés des mouches des légumes sur maïs dans les agrosystèmes à base de Cucurbitaceae de plein champ. *Actes du séminaire de clôture du projet Gamour*, Saint-Pierre (La Réunion) (sous presse).
- 4.1.11.38. Deguine J.-P., Atiama-Nurbel T., Douraguia E., Gilles B., François T., Ajaguin-Soleyen C., Moutoussamy M.-L., Quilici S., 2011. Gestion agroécologique des populations de Mouches des légumes en culture de chouchoy (*Sechium edule*). *Actes du séminaire de clôture du projet Gamour*, Saint-Pierre (La Réunion) (sous presse).
- 4.1.11.39. Deguine J.-P., Atiama-Nurbel T., Douraguia E., Gratecap M., Chiroleu F., Folio P.-N., Atiama M., Ajaguin-Soleyen C., Moutoussamy M.-L., Quilici S., 2011. Efficacité du Synéis-appât® en traitement par taches contre *Bactrocera cucurbitae*, *Dacus demmerezi* et *Dacus ciliatus*. *Actes du séminaire de clôture du projet Gamour*, Saint-Pierre (La Réunion) (sous presse).
- 4.1.11.40. Deguine J.-P., Atiama-Nurbel T., Douraguia E., Petite A., Chiroleu F., Bonnet E., Ajaguin-Soleyen C., Moutoussamy M.-L., Quilici S., 2011. Insertion du maïs dans les agroécosystèmes comme plante-piège des mouches des Cucurbitaceae. *Actes du séminaire de clôture du projet Gamour*, Saint-Pierre (La Réunion) (sous presse).
- 4.1.11.41. Deguine J.-P., Rousse P., Le Roux K., Augusseau X., 2011. Agroecological crop protection in Reunion: first results in commercial farm conditions. 63rd International Symposium on Crop Protection, Gand (Belgique) (sous presse).
- 4.1.11.42. Jacquard C., Quilici S., Deguine J.-P., Delatte H., 2011. Compétition et structuration génétique au sein du complexe des Dacini à La Réunion. *Actes du séminaire de clôture du projet Gamour*, Saint-Pierre (La Réunion) (sous presse).

- 4.1.11.43. Le Roux K., Suzanne W., Trules E., Insa G., Poulbassia E., Rousse P., Augusseau X., Douraguia E., Lasne A., Duffourc V., Roux E., Desutter V., Deguine J.-P., 2011. GAMOUR : un projet pionnier de protection agroécologie des cultures. Actes de la 4^{ème} Conférence Internationale sur les Méthodes Alternatives en Protection des Cultures de l'AFPP, Lille (sous presse).
- 4.1.11.44. Quilici S., Atiama M., Schmitt C., Franck A., Payet J., Glenac S., Deguine J.-P., Chiroleu F., 2012. Do the males of this Tephritid species respond to this para-pheromone? Yes, but in their own way. Proceedings of the 2nd Meeting of Team (Tephritid Workers of Europe, Africa and the Middle East) "Biological invasions of Tephritidae – Ecological and Economic Impacts", Kolymbari (Crète) (sous presse).

4.1.12. Communications dans des congrès internationaux (non publiées)

- 4.1.12.1. Deguine J.-P., Ekukole G., 1990. Cotton protection in Sub-Saharan francophone Africa: some results on the situation and evolution. Proceedings of the *International Seminar: Applied agricultural research in mechanized farming in tropical areas*, Lagos (Nigéria), 16 p.
- 4.1.12.2. Deguine J.-P., 1996. Cotton crop protection against pests in Sub-Saharan francophone Africa. Proceedings of the *Ciba's International Workshop on Cotton Insect Control*. Nashville (TN), 10 p.
- 4.1.12.3. Vaissayre M., Deguine J.-P., Bélot J.-L., 1996. Os trabalhos do Cirad relativos à proteção integrada da cultura de algodão no mundo. *Actes IIIe Cotton Brazil*, Fortaleza (Brésil), 14 p.
- 4.1.12.4. Deguine J.-P., Mademba-Sy F., 1997. New-Caledonia Fruit Fly Disinfestation Research Programme. *Proceedings of the VIII Pacific Science Inter-Congress*, Suva (Fiji), 3 p.
- 4.1.12.5. Deguine J.-P., Hau B., 2001. The influence of the plant on *Aphis gossypii* : some results of research conducted in Cameroon. *Actes du Séminaire « amélioration de la commercialisation du coton produit dans les zones affectées par le collage : projet CFC/ICAC/II*, [Cd-Rom]. Amsterdam : CFC, 1 disque optique numérique (CD-ROM).

- 4.1.12.6. Dreyer H., Fleischer G., Gassert W., Stoetzer H., Deguine J.-P., La Porta N., Kiss J., 2005. IPM Europe: The European Network for Integrated Pest Management in Development Cooperation. *Proceedings of the EFARD Conference*, Zurich (Suisse), 5 p.
- 4.1.12.7. Deguine J.-P., Gozé E., Lumaret J.-P., 2008. Structure and Diversity of Dung Beetles Communities (Coleoptera: Scarabaeoidea) in Southern Larzac (France). *Proceedings of the 23rd International Congress of Entomology "Celebrating Entomology: Contributions to Modern Science"*, Durban (Afrique du Sud).
- 4.1.12.8. Quilici S., Rousse P., Deguine J.-P., Simiand C., Franck A., Gourdon F., Maigne T., Harris E.J., 2008. Successful acclimatization of the ovo-pupal parasitoid *Fopius arisanus* in Reunion Island for the biological control of the Peach fruit fly, *Bactrocera zonata*. *Proceedings of the 1st Meeting of TEAM ("Tephritid Workers of Europe Africa and the Middle East")*, Palma de Mallorca (Espagne).
- 4.1.12.9. Deguine J.-P., Rousse P., 2009. Area-Wide Fruit Fly Management in Reunion Island: GAMOUR. *Proceedings of the Indian Ocean Fruit Fly Meeting, Ministry of Agro Industry, Food Production & Security of Mauritius*, Pereybere (Maurice).

4.1.13. Posters présentés dans des congrès internationaux

- 4.1.13.1. Deguine J.-P., Duval M., Quilici S., Moutoussamy M.-L., Ajaguin-Soleyen C., Laurent P., 2008. The augmentorium: a sanitation technique for controlling Tephritid Fruit Flies in Reunion Island. Poster Session. *Proceedings of the Endure Network International Conference « Diversifying Crop Protection »*, La Grande-Motte.
- 4.1.13.2. Atiama-Nurbel T., Deguine J.-P., 2010. Agroecological crop protection in organic agriculture: the case of cucurbit flies in Reunion Island. *Proceedings of the International Conference on Organic Agriculture in Scope of Environmental Problems*, Famagusta (Chypre), 107-109.
- 4.1.13.3. Atiama-Nurbel T., Deguine J.-P., Douraguia E., Quilici S., 2010. Susceptibility of *Sechium edule* to Fruit flies (Diptera : Tephritidae) in laboratory conditions. *Book of abstracts of the 8th International Symposium on Fruit Flies of Economic Importance*, Valencia (Espagne), 148.

- 4.1.13.4. Deguine J.-P., Atiama-Nurbel T., Douraguia E., Gilles B., François T., Quilici S., 2010. Impact of fruit flies (Diptera: Tephritidae) on chayote (*Sechium edule*) in Reunion Island. . *Book of abstracts of the 8th International Symposium on Fruit Flies of Economic Importance*, Valencia (Espagne), 151.
- 4.1.13.5. Deguine J.-P., Atiama-Nurbel T., Douraguia E., Jacquard C., Simiand C., Delatte H., Quilici S., 2010. Performance of augmentorium as a sanitation technique against fruit flies (Diptera: Tephritidae) in Reunion Island. *Book of abstracts of the 8th International Symposium on Fruit Flies of Economic Importance*, Valencia (Espagne), 150.
- 4.1.13.6. Delatte H., Jacquard C., Simiand C., Deguine J.-P., Quilici S., 2010. Population genetics of two fruit flies damaging cucurbits in La Réunion: *Bactrocera cucurbitae* and *Dacus ciliatus*. . *Book of abstracts of the 8th International Symposium on Fruit Flies of Economic Importance*, Valencia (Espagne), 186.
- 4.1.13.7. Douraguia E., Augusseau X., Duffourc V., Gourlay J., Insa G., Lasne A., Le Roux K., Poulbassia E., Roux E., Suzanne W., Tilma P., Trules E., Rousse P., Deguine J.-P., 2010. Agroecological pest management against cucurbit flies (Diptera : Tephritidae) : a case study on La Réunion with large-scale farming. *Proceedings Book of the 8th International Symposium on Fruit Flies of Economic Importance*, Valencia (Espagne), 56-61.
- 4.1.13.8. Quilici S., Schmitt C., Treluyer M., Franck A., Deguine J.-P., Penarrubia-Maria E., 2010. Enriched ginger oil, a powerful sexual attractant for trapping the males of some Ceratitis spp. . *Book of abstracts of the 8th International Symposium on Fruit Flies of Economic Importance*, Valencia (Espagne), 308.
- 4.1.13.9. Atiama-Nurbel T., Bialecki A., Bouly K., Boyer E., Deguine J.-P., Quilici S., 2012. Response of female Melon fly, *Bactrocera cucurbitae* (Diptera, Tephritidae) to volatiles of different cucurbit host plants. *Proceedings of the 28th Annual Meeting of International Society of Chemical Ecology*, Vilnius (Lituanie) (sous presse).
- 4.1.13.10. Atiama-Nurbel T., Bialecki A., Bouly K., Boyer E., Deguine J.-P., Quilici S., 2012. Volatile compounds from cucurbit host fruits for female of *Bactrocera cucurbitae* (Diptera, Tephritidae). *Proceedings of the 2nd Meeting of Team (Tephritid Workers of Europe, Africa and the Middle East) "Biological invasions of Tephritidae – Ecological and Economic Impacts"*, Kolymbari (Crète) (sous presse).

- 4.1.13.11. Deguine J.-P., Ajaguin Soleyen C., Atiama M., Atiama-Nurbel T., Duffourc V., Insa G., Jolet M., Le Roux K., Rousse P., Moutoussamy M.-L., Quilici S., Tilma P., 2012. Area-Wide Cucurbit Fruit Fly Management in Reunion Island. Socio-economic and technical results of three years in commercial farms. *Proceedings of the 2nd Meeting of Team (Tephritid Workers of Europe, Africa and the Middle East) "Biological invasions of Tephritidae – Ecological and Economic Impacts"*, Kolymbari (Crète) (sous presse).

En préparation

- 4.1.13.12. Jacquot M., Tenailleau M., Chiroleu F., Giraud-Carrier C., Tixier P., Atiama M., Ajaguin Soleyen C., Moutoussamy M.-L., Quilici S., Reynaud B., Deguine J.-P., soumis. Epigeal arthropods predators in mango orchards in Reunion Island. Future IPM in Europe, Conference on « Pesticide Use and Risk Reduction for future IPM in Europe », 19-21 March 2013, Riva del Garda, Italy.

4.1.14. Communications dans des réunions Cirad ou des réunions nationales

- 4.1.14.1. Deguine J.-P., Jouve G., 1989. Résistance et seuils d'intervention. *Compte rendu de la Réunion phytosanitaire*, Irct-Cirad, Montpellier, 17 p.
- 4.1.14.2. Deguine J.-P., 1995. Influence de la plante sur *Aphis gossypii* et ses dégâts. *Actes des Journées Coton du Cirad-ca*, Montpellier, 40-48.
- 4.1.14.3. Gozé E., Deguine J.-P., 1997. Echantillonnage au champ pour la prise de décision: détermination d'un plan systématique tenant compte de la répartition spatiale des infestations de cotonniers par le puceron *Aphis gossypii* en Afrique centrale. *Actes des XXIXe journées de Statistiques*, Iut-Stid, Carcassonne, 418-419.
- 4.1.14.4. Bachelier B., Deguine J.-P., Ekorong J., Klassou C., Martin J., 1997. Le cotonnier à feuilles okra : synthèse des études réalisées au Cameroun. *Actes des Journées Coton du Cirad-ca*, Montpellier, 20-22.
- 4.1.14.5. Deguine J.-P., 1997. Méthodes d'observations des populations d'*Aphis gossypii* sur cotonnier. Cirad-ca, Montpellier, 9 p.
- 4.1.14.6. Gozé E., Deguine J.-P., 1997. Prise en compte de la répartition spatiale dans l'échantillonnage systématique. Exemple du puceron du cotonnier. *Actes du séminaire Biométrie*, Cirad, Montpellier, 3/97, 41-57.

- 4.1.14.7. Deguine J.-P., 1998. Le nouveau programme coton du Cirad. *Actes des Journées Coton du Cirad-ca*, Montpellier, 16-21.
- 4.1.14.8. Gozé E., Nibouche S., Deguine J.-P., 1998. Échantillonnage au champ d'*Helicoverpa armigera* pour le traitement sur seuil d'intervention. Répartition spatiale et loi de probabilité. *Actes des Journées Coton du Cirad-ca*, Montpellier, 224-232.
- 4.1.14.9. Deguine J.-P., 1999. Le programme coton : bilan 1998/1999 et orientations 1999/2000. *Actes des Journées Coton du Cirad-ca*, Montpellier, 16-20.
- 4.1.14.10. Deguine J.-P., 1999. Une inflexion dans les recherches cotonnières : la nouvelle culture du cotonnier. *Actes des Journées Coton du Cirad-ca*, Montpellier, 286-293.
- 4.1.14.11. Deguine J.-P., 1999. Conception et mise au point d'un système de piégeage des formes ailées du Puceron du cotonnier au Cameroun. *Actes des Journées du Cirad. Journée du 8 septembre 1999 : gestion des risques sanitaires et des systèmes d'alerte en agriculture*, Cirad-emvt, Montpellier, 6 p.
- 4.1.14.12. Deguine J.-P., 2000. Le programme coton en l'an 2000. *Actes des Journées Coton du Cirad-ca*, Montpellier, 17-23.
- 4.1.14.13. Deguine J.-P., 2000. La Nouvelle Culture du Cotonnier. *Actes du Séminaire « facteurs de dynamisation de la production cotonnière »*, Compagnie française pour le développement des fibres textiles, Paris, 4 p.
- 4.1.14.14. Deguine J.-P., 2001. Le programme coton en 2001 : éléments de bilan et d'orientation. *Actes des Journées Coton du Cirad-ca*, Montpellier, 3 p.
- 4.1.14.15. Deguine J.-P., 2005. La protection des cultures à la croisée des chemins : perspectives agroécologiques. *Actes des Journées Flhor*, Montpellier, 3 p.
- 4.1.14.16. Ratnadass A., Deguine J.-P., 2007. Gestion agroécologique des ravageurs des cultures au Cirad. *Actes de la Journée Protection intégrée du 29/08/2007*, Cirad-Persyst, Montpellier, 2 p.
- 4.1.14.17. Deguine J.-P., Gloanec C., 2012. Le projet Biophyto : produire de la mangue sans insecticide à La Réunion. *Actes des Journées du Réseau QualiReg, 14-15 novembre 2012*, Cirad, Saint-Gilles les Hauts (La Réunion) (sous presse).

- 4.1.14.18. Deguine J.-P., Atiama-Nurbel T., Ajaguin Soleyen C., Bonnet E., Chiroleu F., Douraguia E., François T., Gilles B., Moutoussamy M.-L., Petite A., Quilici S., 2012. Activités circadiennes des Mouches des légumes dans les agroécosystèmes à base de Cucurbitacées à La Réunion. *Actes de l'atelier de restitution de l'ATP Omega3, 20-22 novembre 2012*, Cirad-Persyst, Montpellier (sous presse).
- 4.1.14.19. Deguine J.-P., Atiama-Nurbel T., Chiroleu F., Douraguia A., Duhautois S., Petite E., Bonnet C., Ajaguin Soleyen C., Moutoussamy M.-L., Quilici S., 2012. Intérêt de l'insertion de plants de maïs dans les agroécosystèmes à base de Cucurbitacées à La Réunion. *Actes de l'atelier de restitution de l'ATP Omega3, 20-22 novembre 2012*, Cirad-Persyst, Montpellier (sous presse).

En préparation

- 4.1.14.18. Deguine J.-P., Augusseau X., Insa G., Jolet M., Le Roux K., Marquier M., Rousse P., Roux E., Soupapoullé Y., 2013. Le projet Gamour : conception, mise en œuvre et résultats. Colloque Ecophyto, 28-29 janvier 2013, Paris.
- 4.1.14.19. Deguine J.-P., 2013. Gestion agroécologique des Mouches des légumes à La Réunion. Ecole-chercheur ECOHORT, 11-14 mars 2013, Sète.

4.1.15. Rapports d'activités⁶

- 4.1.15.1. Ngaba D., Deguine J.-P., 1985. *Rapport annuel. Prévulgarisation, campagne 1985 1986. Office National de Développement Rural*. Moundou, Tchad, 54 p.
- 4.1.15.2. Silvie P., Deguine J.-P., 1986. *Rapport annuel 1986-1987. Section Entomologie, Station de Bébédjia (Tchad)*. Irct, Montpellier, 135 p.
- 4.1.15.3. Héquet E., Ousmane E., Griveau Y., Silvie P., Deguine J.-P., Djoulet B., Panis P.E., Yagoua N.D., Houdiard P., Fortier R., 1987. *Rapport d'activité de fin de campagne. Recherche d'accompagnement 1986-1987, projet Sud-Tchad. Station de Bébédjia (Tchad)*. Irct, Montpellier, 130 p.
- 4.1.15.4. Silvie P., Deguine J.-P., 1987. *Rapport annuel 1987-1988. Section Entomologie, Station de Bébédjia (Tchad)*. Irct, Montpellier, 147 p.

⁶ Ne sont présentés ici que les rapports d'activités lorsque j'exerçais des activités de recherche et que je n'étais pas en responsabilité de gestion d'équipes de recherche, c'est-à-dire durant la période 1985-1997 et 2006-2012. Ne sont pas présentés les rapports d'activités des projets sur convention extérieure.

- 4.1.15.5. Deguine J.-P., Ekukole G., Montaldo T., 1988. *Rapport annuel 1988-1989. Section Entomologie coton. Institut de la Recherche Agronomique, Centre de Maroua (Cameroun)*. Irct, Montpellier, 30 p.
- 4.1.15.6. Deguine J.-P., Ekukole G., Montaldo T., 1988. *Pré vulgarisation de la technique de pulvérisation Bas Volume 10 l/ha à l'eau. Institut de la Recherche Agronomique, Centre de Maroua (Cameroun)*. Irct, Montpellier, 22 p.
- 4.1.15.7. Deguine J.-P., Ekukole G., Dupré E., 1989. *Rapport annuel 1989-1990. Section Entomologie coton. Tome 1 : Expérimentation en milieu contrôlé. Institut de la Recherche Agronomique, Centre de Maroua (Cameroun)*. Irct, Montpellier, 29 p.
- 4.1.15.8. Deguine J.-P., Ekukole G., Dupré E., 1989. *Rapport annuel 1989-1990. Section Entomologie coton. Tome 2 : Expérimentation en milieu réel. Institut de la Recherche Agronomique, Centre de Maroua (Cameroun)*. Irct, Montpellier, 15 p.
- 4.1.15.9. Deguine J.-P., Ekukole G., Freulard J.-M., 1990. *Rapport annuel 1990-1991. Section Entomologie coton. Tome 1 : Expérimentation générale. Institut de la Recherche Agronomique, Centre de Maroua (Cameroun)*. Irct, Montpellier, 33 p.
- 4.1.15.10. Deguine J.-P., Ekukole G., Freulard J.-M., 1990. *Rapport annuel 1990-1991. Section Entomologie coton. Tome 2 : Lutte étagée ciblée. Institut de la Recherche Agronomique, Centre de Maroua (Cameroun)*. Irct, Montpellier, 21 p.
- 4.1.15.11. Deguine J.-P., Ekukole G., Amiot E., 1991. *Rapport annuel 1991-1992. Section Entomologie coton. Institut de la Recherche Agronomique, Centre de Maroua (Cameroun)*. Irct, Montpellier, 21 p.
- 4.1.15.12. Deguine J.-P., Ekukole G., Mur C., 1992. *Rapport annuel 1992-1993. Section Entomologie. Programme Cultures Cotonnières Paysannes. Institut de la Recherche Agronomique, Centre de Maroua (Cameroun)*. Cirad-ca, Montpellier, 56 p.
- 4.1.15.13. Deguine J.-P., Ekukole G., Tiberghien C., 1993. *Rapport annuel 1993-1994. Section Entomologie. Programme Cultures Cotonnières Paysannes. Institut de la Recherche Agronomique, Centre de Maroua (Cameroun)*. Cirad-ca, Montpellier, 82 p.

- 4.1.15.14. Tiberghien C., Fillon E., Tixier C., Deguine J.-P. 1994. *Rapport annuel 1994-1995. Section Entomologie. Programme Cultures Cotonnières Paysannes. Institut de la Recherche Agronomique, Centre de Maroua (Cameroun). Cirad-ca. Montpellier, 35 p.*
- 4.1.15.15. Deguine J.-P., Martin T., Morin D., 1996. *La lutte contre les chironomes du riz en Camargue. Etude de l'intérêt du traitement des semences au fipronil. Rapport sur l'expérimentation de 1996.* Cirad-ca, Ur entomologie appliquée, Montpellier, 13 p.
- 4.1.15.16. Mademba-Sy F., Kagy V., Lemerre-Desprez Z., Lebegin S. Paulaud D., Deguine J.-P., 1997. *Rapport d'activités 1996/1997. Cirad-flhor. Station de recherches fruitières de Pocquereux.* Cirad-flhor, Programme Arboriculture Fruitière, Montpellier, 62 p.
- 4.1.15.17. Deguine J.-P., Paulaud D., 1997. *Traitements post-récolte des fruits et légumes. Résultats des tests en bains d'eau chaude. Programme Mouches des fruits. Station de recherches fruitières de Pocquereux.* Cirad-flhor, Programme Arboriculture Fruitière, Montpellier, 5 p.
- 4.1.15.18. Deguine J.-P., Paulaud D., 1997. *Traitements post-récolte des fruits et légumes. Résultats des tests à la chaleur humide pulsée sur le poivron. Programme Mouches des fruits. Station de recherches fruitières de Pocquereux.* Cirad-flhor, Programme Arboriculture Fruitière, Montpellier, 8 p.
- 4.1.15.19. Deguine J.-P., Paulaud D., 1997. *Traitements post-récolte des fruits et légumes. Résultats des tests à la chaleur humide pulsée sur l'aubergine. Programme Mouches des fruits. Station de recherches fruitières de Pocquereux.* Cirad-flhor, Programme Arboriculture Fruitière, Montpellier, 8 p.
- 4.1.15.20. Deguine J.-P., Paulaud D., 1997. *Traitements post-récolte des fruits et légumes. Résultats des tests à la chaleur humide pulsée sur la mangue (résultats préliminaires). Programme Mouches des fruits. Station de recherches fruitières de Pocquereux.* Cirad-flhor, Programme Arboriculture Fruitière, Montpellier, 7 p.
- 4.1.15.21. Deguine J.-P., 1997. *Activités de la section entomologie : présentation, bilan et perspectives (juillet 1997). Station de recherches fruitières de Pocquereux.* Cirad-flhor, Programme Arboriculture Fruitière, Montpellier, 9 p.

- 4.1.15.22. Deguine J.-P., Quilici S., Delatte H., Chiroleu F., Ajaguin-Soleyen C., Moutoussamy M.-L., Glenac S., Payet J., Franck A., Simiand C., 2007. *Compte rendu d'activités 2007 Gecova 1. Bioécologie et gestion agroécologique des mouches des Cucurbitaceae*. UMR PVBMT, Saint-Pierre (La Réunion), 5 p.
- 4.1.15.23. Deguine J.-P., Atiama-Nurbel T., Ajaguin Soleyen C., Moutoussamy M.-L., 2008. *Rapport d'exécution 2010. Programme de protection des cultures en Agriculture Biologique. Convention ODEADOM N° 2008-002/20*. UMR PVBMT, Saint-Pierre (La Réunion), 27 p.
- 4.1.15.24. Deguine J.-P., Quilici S., Delatte H., Chiroleu F., Ajaguin-Soleyen C., Moutoussamy M.-L., Glenac S., Payet J., Franck A., Simiand C., 2008. *Compte rendu d'activités 2008 Gecova 1. Bioécologie et gestion agroécologique des mouches des Cucurbitaceae*. UMR PVBMT, Saint-Pierre (La Réunion), 4 p.
- 4.1.15.25. Deguine J.-P., Atiama-Nurbel T., Ajaguin Soleyen C., Moutoussamy M.-L., 2009. *Rapport d'exécution 2009. Programme de protection des cultures en Agriculture Biologique. Convention ODEADOM N° 2009-003/23*. UMR PVBMT, Saint-Pierre (La Réunion), 16 p.
- 4.1.15.26. Deguine J.-P., Quilici S., Delatte H., Chiroleu F., Ajaguin-Soleyen C., Moutoussamy M.-L., Glenac S., Payet J., Franck A., Simiand C., 2009. *Compte rendu d'activités 2009 Gecova 1. Bioécologie et gestion agroécologique des mouches des Cucurbitaceae*. UMR PVBMT, Saint-Pierre (La Réunion), 5 p.
- 4.1.15.27. Ratnadass A., Fernandes P., Avelino J., Letourmy P., Debert P., Naudin K., Rhino B., Deguine J.-P., Babin R., Gozé E., Tixier P., Laurent J.-B., 2009. *Rapport scientifique 2009 de l'ATP Omega³*. CIRAD (Persyst), Montpellier, 39 p.
- 4.1.15.28. Deguine J.-P., Quilici S., Delatte H., Chiroleu F., Ajaguin-Soleyen C., Moutoussamy M.-L., Glenac S., Payet J., Franck A., Simiand C., 2010. *Compte rendu d'activités 2010 Gecova 1. Bioécologie et gestion agroécologique des mouches des Cucurbitaceae*. UMR PVBMT, Saint-Pierre (La Réunion), 4 p.
- 4.1.15.29. Deguine J.-P., Ramage T., Ajaguin Soleyen C., Moutoussamy M.-L., 2010. *Rapport d'exécution 2010. Programme de protection des cultures en Agriculture Biologique. Convention ODEADOM N° 2010-003/15*. UMR PVBMT, Saint-Pierre (La Réunion), 15 p.

- 4.1.15.30. Ratnadass A., Fernandes P., Avelino J., Letourmy P., Debert P., Naudin K., Rhino B., Deguine J.-P., Babin R., Gozé E., Tixier P., Laurent J.-B., 2010. *Rapport scientifique 2010 de l'ATP Omega³*. CIRAD (Persyst), Montpellier, 74 p.
- 4.1.15.31. Deguine J.-P., Quilici S., Delatte H., Chiroleu F., Ajaguin-Soleyen C., Moutoussamy M.-L., Glenac S., Payet J., Franck A., Simiand C., 2011. *Compte rendu d'activités 2011 Gecova 6. Gestion agroécologique des populations de ravageurs des cultures fruitières et maraîchères*. UMR PVBMT, Saint-Pierre (La Réunion), 7 p.
- 4.1.15.32. Deguine J.-P., Atiama M., Ajaguin Soleyen C., Moutoussamy M.-L., 2011. *Rapport d'exécution 2011. Programme de protection des cultures en Agriculture Biologique. Convention ODEADOM N° 2011-003/15*. UMR PVBMT, Saint-Pierre (La Réunion), 19 p.
- 4.1.15.33. Quilici S., Deguine J.-P., Tenailleau M., Gaudillat B., Ajaguin Soleyen C., Moutoussamy M.-L., Glenac S., Payet J., Franck A.M.-L., 2011. *Rapport d'exécution 2011. Programme de protection agroécologique des cultures fruitières et maraîchères. Convention ODEADOM N° 2011-005/12*. UMR PVBMT, Saint-Pierre (La Réunion), 13 p.
- 4.1.15.34. Ratnadass A., Fernandes P., Avelino J., Letourmy P., Debert P., Naudin K., Rhino B., Deguine J.-P., Babin R., Gozé E., Tixier P., Laurent J.-B., 2011. *Rapport scientifique 2011 de l'ATP Omega³*. CIRAD (Persyst), Montpellier, 85 p.

4.1.16. Rapports de mission⁷

- 4.1.16.1. Deguine J.-P., 1998. *Rapport de mission au Burkina Faso (du 8 au 15 mars 1998). Collaboration Inera/Cirad dans le domaine de la recherche cotonnière*. Cirad-ca, Programme coton, Montpellier, 19 p.
- 4.1.16.2. Batedjim N., Yagoua N.D., Deguine J.-P. *Rapport de mission au Tchad (du 17 au 24 avril 1998). Transfert du dispositif Cirad-ca aux autorités tchadiennes. Sous-commission 4 : programmation et recherche de financements*. Cirad-ca, Montpellier, 22 p.

⁷ Ne sont présentés ici que les rapports de mission rédigés lorsque j'étais en responsabilité de gestion d'équipes de recherche, c'est-à-dire durant la période 1998-2004. La liste totale des missions est donnée dans la partie 4.3.6.

- 4.1.16.3. Deguine J.-P., Marnotte P., Vassal J.-M., 1998. *Rapport de mission au Mali (du 4 au 7 mai 1998). Formation des responsables de l'encadrement de la Compagnie Malienne Des Textiles (Cmdt). Protection phytosanitaire du cotonnier*. Cirad-ca, Programme coton, Montpellier, 22 p.
- 4.1.16.4. Deguine J.-P., Dessauw D., 1998. *Rapport de mission au Mozambique (du 11 au 22 mai 1998). La protection phytosanitaire et l'amélioration variétale du cotonnier*. Cirad-ca, Programme coton, Montpellier, 36 p.
- 4.1.16.5. Deguine J.-P., 1998. *Rapport de mission en Afrique du Sud (du 22 au 26 mai 1998). Prospectives en recherche cotonnière*. Cirad-ca, Programme coton, Montpellier, 15 p.
- 4.1.16.6. Deguine J.-P., 1998. *Deuxième conférence mondiale de la recherche cotonnière (Athènes, du 6 au 12 septembre 1998). Notes succinctes de mission*. Cirad-ca, Programme coton, Montpellier, 4 p.
- 4.1.16.7. Deguine J.-P., 1998. *Rapport de mission en Thaïlande (du 24 septembre a 2 octobre 1998). Les recherches cotonnières en coopération*. Cirad-ca, Programme coton, Montpellier, 30 p.
- 4.1.16.8. Deguine J.-P., 1998. *Rapport de mission en Bolivie (du 9 au 19 octobre 1998). 1. La 57^{ème} réunion plénière de l'Icac*. Cirad-ca, Programme coton, Montpellier, 10 p.
- 4.1.16.9. Deguine J.-P., 1998. *Rapport de mission en Bolivie (du 9 au 19 octobre 1998). 2. Les recherches cotonnières en coopération*. Cirad-ca, Programme coton, Montpellier, 11 p.
- 4.1.16.10. Deguine J.-P., Hau B., 1998. *Rapport de mission au Sénégal (du 3 au 20 novembre 1998). 2. La recherche cotonnière au Sénégal*. Cirad-ca, Programme coton, Montpellier, 47 p.
- 4.1.16.11. Deguine J.-P., 1998. *Rapport de mission au Tchad et au Cameroun (du 7 au 16 décembre 1998). 2. Les recherches cotonnières dans le Prasac (composante 6). Prasac/Coraf, Ndjamena*, 28 p.
- 4.1.16.12. Deguine J.-P., 1999. *Rapport de mission en Amérique du Sud (Brésil, Paraguay, Argentine, Bolivie) (14 au 29 avril 1999). Les recherches cotonnières en partenariat*. Cirad-ca, Programme coton, Montpellier, 50 p.

- 4.1.16.13. Deguine J.-P., 1999. *Rapport de mission au Paraguay (avril 1999). Les recherches cotonnières en coopération*. Cirad-ca, Programme coton, Montpellier, 15 p.
- 4.1.16.14. Deguine J.-P., 1999. *Rapport de mission au Burkina Faso (du 8 au 14 mai 1999)*. Cirad-ca, Programme coton, Montpellier, 20 p.
- 4.1.16.15. Deguine J.-P., 1999. *Rapport de mission en Côte d'Ivoire (du 14 au 22 mai 1999). La filière coton et les recherches cotonnières*. Cirad-ca, Programme coton, Montpellier, 33 p.
- 4.1.16.16. Deguine J.-P., Dessauw D., 1999. *Rapport de mission au Viêt-Nam (du 8 au 18 juin 1999). La recherche cotonnière au Viêt-Nam: bilan, partenariat et perspectives*. Cirad-ca, Programme coton, Montpellier, 50 p.
- 4.1.16.17. Deguine J.-P., 1999. *Rapport de mission en Afrique du Sud (du 23 juillet au 3 août 1999). Perspectives de partenariat en recherche cotonnière*. Cirad-ca, Programme coton, Montpellier, 21 p.
- 4.1.16.18. Deguine J.-P., Chaïr H., 1999. *Rapport de mission en Thaïlande (21 au 28 septembre 1999). Le projet coton du Centre Doras*. Cirad-ca, Programme coton, Montpellier, 16 p.
- 4.1.16.19. Deguine J.-P., 1999. *Rapport de mission aux Etats-Unis. La 58^e réunion de l'Icac, Charleston, Caroline du Sud, du 25 au 29 octobre 1999*. Cirad-ca, Programme coton, Montpellier, 10 p.
- 4.1.16.20. Capillon A., Deguine J.-P., 1999. *Rapport de mission au Cameroun (du 22 au 28 novembre 1999). Les recherches cotonnières en coopération*. Cirad-ca, Programme coton, Montpellier, 8 p.
- 4.1.16.21. Deguine J.-P., Rapidel B., 2001. *Rapport de mission au Mali du 26 mars au 2 avril 2001. Les perspectives de la recherche cotonnière en coopération au Mali*. Cirad-ca, Programme coton, Montpellier, 13 p.
- 4.1.16.22. Deguine J.-P., 2001. *Rapport de mission au Zimbabwe. La 60^{ème} réunion plénière de l'Icac : Victoria Falls (16 au 21 septembre 2001)*. Cirad-ca, Programme coton, Montpellier, 9 p.

- 4.1.16.23. Deguine J.-P., 2002. *Rapport de mission en Suède (Nikvarn, du 25 au 29 mai 2002). Le réseau IPME : European Research and Development Group on Integrated Pest Management*. Cirad, Direction Scientifique (Midec), Montpellier, 11 p.
- 4.1.16.24. Deguine J.-P., 2002. *Rapport de mission à La Réunion (du 17 au 22 juin 2002). Le Pôle Protection des Plantes (3P)*. Cirad, Direction Scientifique (Midec), Montpellier, 11 p.
- 4.1.16.25. Deguine J.-P., 2002. *Rapport de mission en Angleterre (Chatham, 18-20 novembre 2002). Le réseau IPME : réunion du Steering Committee*. Cirad, Direction Scientifique (Pathologie et protection intégrée), Montpellier, 5 p.
- 4.1.16.26. Deguine J.-P., 2003. *Compte rendu de mission en Afrique du Sud. Troisième conférence mondiale de la recherche cotonnière (Cap Town, 9-13 mars 2002)*. Cirad, Direction Scientifique (Pathologie et protection intégrée), Montpellier, 3 p.
- 4.1.16.27. Deguine J.-P., 2003. *Rapport de mission en Allemagne (Eschborn, 20-21 mars 2003). Le réseau IPME : réunion du Steering Committee*. Cirad, Direction Scientifique (Pathologie et protection intégrée), Montpellier, 3 p.
- 4.1.16.28. Deguine J.-P., 2003. *Rapport de mission en Norvège (Oslo, 26-28 octobre 2003). Le réseau IPME : réunion plénière annuelle 2003*. Cirad, Direction Scientifique (Pathologie et protection intégrée), Montpellier, 3 p.
- 4.1.16.29. Deguine J.-P., 2004. *Rapport de mission au Sénégal (Dakar, 23-28 mai 2004). Le Pôle Pastoral en Zones Sèches*. Cirad-emvt, Montpellier, 5 p.

4.2. Encadrement de la recherche

4.2.1. Thèses

Co-encadrement : (avec Serge Quilici, Directeur de thèse)

- Atiama-Nurbel T., 2010-2013. Relations insecte-plante chez les Dacini nuisibles aux Cucurbitaceae (Diptera, Tephritidae) : stimuli attractifs et comportement de ponte. Université de La Réunion.
- Jacquard C., 2008-2012. Relations insecte-plante et compétition inter-spécifique au sein du complexe des Dacini nuisibles aux Cucurbitaceae à l'Ile de La Réunion. Université de la Réunion.

Direction de thèse (Direction de thèse assurée après la validation et la soutenance du dossier d'HDR) :

Atiama M., 2012-2015. Bioécologie et dynamique des populations de la Punaise du manguier, *Orthops palus* (Hemiptera : Miridae) à La Réunion. Université de La Réunion.

En préparation

Jacquot M., 2013-2016. Structure et fonctionnement de la biodiversité dans les vergers de manguiers à La Réunion. Co-financements ciblés : bourse Cirad (50 %) ; bourse nationale (50 %) ou fondation Ademe (50 %).

Membre de comité de thèse :

Rhino B., 2012-2015. Gestion agroécologique de la noctuelle de la tomate *Helicoverpa zea* par l'utilisation du maïs comme plante piège à La Martinique. SupAgro Montpellier, Ecole doctorale SIBAGHE. Directeur de thèse : Alain Ratnadass (Cirad, UPR Hortsys).

Dorla E., 2012-2015. Phytochimie et activités antibactériennes, antifongiques, insecticides ou attractives de quelques plantes indigènes ou endémiques de La Réunion. Université de La Réunion. Directeur de thèse : Isabelle Grondin (Laboratoire de chimie des substances naturelles et des sciences des aliments, LCSNSA).

4.2.2. Stages type Master 2 ou DEA

4.2.2.1. Amiot E., 1993. *Contribution à l'étude de la résistance du puceron Aphis gossypii Glover à divers insecticides*. DEA d'Agrochimie, Université Paul Sabatier, Toulouse, 26 p.

4.2.2.2. Moffront N., 2007. *Etude des communautés végétales et animales dans les bords de parcelles. Cas des arthropodes utiles des systèmes horticoles à La Réunion*. Master 2 BioRessources en Régions Tropicales et Méditerranéennes. Université Paris 12, Créteil, 46 p.

4.2.2.3. Atiama-Nurbel T., 2008 (co-encadrement). *Interactions entre les Mouches des Cucurbitaceae et les plantes de bordures dans les systèmes horticoles à La Réunion*. Master 2 Biodiversité des Ecosystèmes cultivés, Université de La Réunion, Saint-Denis, 39 p.

- 4.2.2.4. Gilles B., 2008. *Bioécologie et dégâts des Mouches des légumes (Diptera, Tephritidae) en culture de chou chou (Sechium edule) à La Réunion*. Master 2 Biologie, Evolution et Contrôle des populations. Université François Rabelais, Tours, 32 p.
- 4.2.2.5. Belizaire J., 2009. *L'augmentorium, une technique de prophylaxie en système horticole. Perception par les agriculteurs et les habitants de la commune de l'Entre-Deux*. Master 2 Génie Urbain et Environnement. Université de La Réunion, Le Tampon, 90 p.
- 4.2.2.6. Duffourc V., 2009. *Aménagement et Biodiversité. Traits biologiques et facteurs environnementaux associés à l'organisation des communautés animales et végétales le long d'un gradient rural-urbain*. Master 2 Génie Urbain et Environnement. Université de La Réunion, Le Tampon, 84 p.
- 4.2.2.7. François T., 2009. *Interactions entre les communautés de Mouches (Diptera, Tephritidae) et les plantes dans les agroécosystèmes à base de chou chou (Sechium edule) à La Réunion*. Master 2 Biodiversité des Ecosystèmes cultivés, Université de La Réunion, Saint-Denis, 30 p.
- 4.2.2.8. Guezello C., 2009. *Conception et mise en œuvre d'un système de surveillance des populations de Mouches des légumes. Cas des sites pilotes du projet GAMOUR à La Réunion*. Master 2 Génie Urbain et Environnement. Université de La Réunion, Le Tampon, 123 p.
- 4.2.2.9. Petite A., 2009. *Interactions entre les Mouches des Cucurbitaceae (Diptera, Tephritidae) et communautés végétales dans les agrosystèmes horticoles à La Réunion*. Master 2 Gestion des habitats et des bassins versants, Université de Rennes 1, Rennes, 51 p.
- 4.2.2.10. Bonnet E., 2010. *Interactions entre les Mouches des Cucurbitaceae (Diptera, Tephritidae), une plante hôte (courgette) et une plante piège (maïs) disposée en bandes et en patches intra-parcellaires à La Réunion*. Master 2 Biodiversité des Ecosystèmes cultivés, Université de La Réunion, Saint-Denis, 35 p.
- 4.2.2.11. Duhautois S., 2010. *Structuration des communautés de Diptères sur le maïs, Zea mays, utilisé comme plante piège à La Réunion*. Master 2 Biologie de l'évolution et écologie, Université Montpellier 2, 37 p.

- 4.2.2.12. Payet C., 2010 (co-encadrement). *Etude de la compétition intra-spécifique au stade larvaire chez la mouche des légumes *Dacus ciliatus* s'attaquant aux cultures de Cucurbitaceae à l'Ile de La Réunion*. Master 1 Génie Urbain et Environnement. Université de La Réunion, Le Tampon, 58 p.
- 4.2.2.13. d'Avout C., 2011. *Modalités d'utilisation du Synéis-appât en agroécosystème horticole à La Réunion*. Mémoire de fin d'étude (5^{ème} année), Institut Supérieur d'Agriculture, Lille, 43 p.
- 4.2.2.14. Imara P., 2011 (co-encadrement). *Valorisation de la nature en ville dans un projet de rénovation urbaine : le cas du quartier de la Ravine Blanche à Saint-Pierre*. Master 2 Génie Urbain et Environnement. Université de La Réunion, Le Tampon, 97 p.
- 4.2.2.15. Bouly K., 2012 (co-encadrement). *Etude de la réponse des femelles de *Bactrocera cucurbitae* aux effluves de Cucurbitaceae : contribution méthodologique et mesure de l'attractivité*. Master 2 Biodiversité des Ecosystèmes cultivés, Université de La Réunion, Saint-Denis, 37 p.
- 4.2.2.16. Jacquot M., 2012. *Ecologie appliquée à un agroécosystème tropical : cas des arthropodes prédateurs en vergers de manguiers à La Réunion*. Master 2 Biologie évolutive et intégrative, infectiologie. Spécialité Sciences de l'insecte. Université François Rabelais, Tours, 36 p.

Projets tutorés

- 4.2.2.17. Aubry M., Baudoin Y., Belizaire J., Broc A., de Bouvre C., Duffourc V., Esnault C., Fontaine A. Guezello C., Lauzel L., Mahé E., Mariaye A., Michalon L., Pellet L., 2009. *Etude de faisabilité du projet Gamour sur la commune de l'Entre-Deux*. Projet tutoré (novembre 2008-mars 2009), Master 2 Génie Urbain et Environnement. Université de La Réunion, Le Tampon, 211 p.

En préparation

- 4.2.2.18. Gaborit P., 2013. *Attractivité de bandes fleuries sur des arthropodes utiles en vergers de manguiers à La Réunion*. Master 2 Biologie évolutive et intégrative, infectiologie. Spécialité Sciences de l'insecte. Université François Rabelais, Tours.

4.2.3. Stages ingénieurs ou DESS

- 4.2.3.1. Oudinot O., 1988. *Expérimentations sur la technique de pulvérisation Très Bas Volume 10 l/ha à l'eau, en culture cotonnière au Nord-Cameroun*. Mémoire de fin d'études, Cnearc, Montpellier, 64 p.
- 4.2.3.2. Genay J.-P., 1989. *Expérimentation en culture cotonnière sur la technique de pulvérisation Electrodynamique au Nord-Cameroun*. Mémoire de fin d'études, Istom, Le Havre, 69 p.
- 4.2.3.3. Amiot E., 1990. *Expérimentation en culture cotonnière sur un insecticide systémique (le Temik) au Nord-Cameroun*. Mémoire de fin d'études, Istom, Le Havre, 102 p.
- 4.2.3.4. Sigrist J.-C., 1992. *Pratiques paysannes et utilisation des intrants en culture cotonnière au Nord-Cameroun*. Mémoire de fin d'études, Istom, Cergy-Pontoise, 111 p.
- 4.2.3.5. Galva P., 1993. *Contribution à l'étude des auxiliaires en culture cotonnière paysanne au Nord-Cameroun*. Mémoire de fin d'études, Eitard-Cnearc, Montpellier, 76 p.
- 4.2.3.6. Deudon C., 1994. *Etude de la protection des cultures et de la conservation des récoltes : le point sur les méthodes traditionnelles et l'utilisation des techniques modernes chez différents peuples de l'Extrême-Nord du Cameroun*. Mémoire de fin d'études, Istom, Cergy-Pontoise, 67 p.
- 4.2.3.7. Lavigne A., 2007. *Dynamiques des populations des Mouches des légumes durant l'hiver austral à l'île de La Réunion*. Master 1, Institut National d'Horticulture, Angers, 10 p.
- 4.2.3.8. Gratecap M., 2008. *Gestion agroécologique des Mouches des légumes à La Réunion. Efficacité d'un appât adulticide, le Synéïs-appât*. Stage de césure (juin à décembre 2008), AgroParisTech, Paris, 41 p.
- 4.2.3.9. Amalric N., 2010. *Conception et mise au point de supports pédagogiques pour la gestion agroécologique des Mouches des légumes à La Réunion (projet Gamour)*. Rapport de stage de césure, 2^{ème} année, ENSAT, Toulouse, 19 p.

- 4.2.3.10. Delpoux C., 2010. *Traitements par taches au Synéis-appât. Mise au point d'un support d'application adapté à la culture sous treille ou dans des conditions de forte pluviométrie*. Rapport de stage de césure, 2^{ème} année, ENSAT, Toulouse, 60 p.
- 4.2.3.11. Petitgas C., 2010. *Gestion agroécologique des mouches des légumes à La Réunion*. Rapport de stage de césure, 2^{ème} année, ENSA Rennes – Agrocampus Ouest, Rennes, 71 p.

4.2.4. Stages licence, maîtrise ou DUT

- 4.2.4.1. Deletre T., 2008. *Effet du Synéis-appât sur les Mouches des légumes et leurs ennemis naturels à La Réunion*. Mémoire de fin d'études de 2^{ème} année, DUT Génie Biologique Option Génie de l'environnement. IUT Saint Pierre, 18 p.
- 4.2.4.2. Duval M., 2008. *L'augmentorium : une technique de prophylaxie contre les Mouches des légumes (Diptera, Tephritidae) à La Réunion*. Mémoire de fin d'études de 2^{ème} année, DUT Génie Biologique Option Génie de l'environnement. IUT Saint Pierre, 21 p.
- 4.2.4.3. Folio P.-N., 2009. *Efficacité d'un appât adulticide, le Synéis-appât, sur les Mouches des légumes à La Réunion*. Mémoire de fin d'études de 2^{ème} année, DUT Génie Biologique Option Génie de l'environnement. IUT Saint Pierre, 17 p.
- 4.2.4.4. Gazzo V., 2009. *Comment optimiser la gestion des Mouches des fruits dans un verger de mangues en Agriculture Biologique à La Réunion ?* Licence Professionnelle Agriculture et développement durable. Lycée agricole de Saint-Paul, 26 p.
- 4.2.4.5. Houry L., 2009. *Etude de faisabilité de Gamour en Agriculture Biologique à La Réunion*. Mémoire de fin d'études de 2^{ème} année, DUT Génie Biologique Option Génie de l'environnement. IUT Saint Pierre, 19 p.
- 4.2.4.6. Trouspance Y., 2012. *Etude préliminaire sur la Punaise du manguier Orthops palus (Hemiptera : Miridae) dans les vergers de manguiers de l'île de La Réunion*. Mémoire de fin d'études de 2^{ème} année, DUT Génie Biologique Option Génie de l'environnement. IUT Saint Pierre, 23 p.

Projets tutorés

- 4.2.4.7. Payet A., Deletre T., Lesterlin F., 2007. *Etude de l'attractivité des ravageurs par les plantes. Application au cas des Mouches des légumes*. Projet tutoré (novembre 2006 – mars 2007), DUT Génie Géologique Option Génie de l'environnement. IUT Saint Pierre, 20 p.
- 4.2.4.8. Deletre T., François S., Lauret E., Rangama D., 2008. *Modalités d'application du Synéis-appât sur les Mouches des légumes à La Réunion*. Projet tutoré (novembre 2007 – mars 2008), DUT Génie Géologique Option Génie de l'environnement. IUT Saint Pierre, 18 p.
- 4.2.4.9. Evenat C., Lauret V., 2009. *Plantes attractives des Mouches des légumes à La Réunion en vue d'une gestion agroécologique*. Projet tutoré (novembre 2008 – mars 2009), DUT Génie Géologique Option Génie de l'environnement. IUT Saint Pierre, 16 p.
- 4.2.4.10. Clain M., Giarratano M., Merméra A., 2013. Evaluation des propriétés bioactives d'extraits d'une plante réunionnaise sur *B. cucurbitae*. Projet tutoré (octobre 2012-mars 2013), DUT Génie Géologique Option Génie de l'environnement. IUT Saint Pierre.
- 4.2.4.11. Lefevre M., Moretti S., 2013. Bioécologie de la Punaise du Manguier à La Réunion. Projet tutoré (octobre 2012-mars 2013), DUT Génie Géologique Option Génie de l'environnement. IUT Saint Pierre.
- 4.2.4.12. Corré S., Mangata M., Rabemanantsoa M., 2013. Ecologie des fourmis en vergers de manguiers à la Réunion. Projet tutoré (octobre 2012-mars 2013), DUT Génie Géologique Option Génie de l'environnement. IUT Saint Pierre.

En préparation

- 4.2.4.13. Corré S., 2013. Evaluation des propriétés bioactives d'extraits d'une plante réunionnaise sur *B. cucurbitae*. Mémoire de fin d'études de 2^{ème} année, DUT Génie Biologique Option Génie de l'environnement. IUT Saint Pierre.

4.2.5. Volontaires

Volontaires au Service National Actif (VSNA)

Montaldo T. : 1988-1989 (14 mois). Programme de recherche sur la protection phytosanitaire du cotonnier. Institut de la Recherche Agronomique, Centre de Maroua, Cameroun.

Dupré E. : 1989-1990 (14 mois). Programme de recherche sur la protection phytosanitaire du cotonnier. Institut de la Recherche Agronomique, Centre de Maroua, Cameroun.

Freulard J.-M. : 1990-1991 (14 mois). Programme de recherche sur la protection phytosanitaire du cotonnier. Institut de la Recherche Agronomique, Centre de Maroua, Cameroun.

Amiot E. : 1991-1992 (14 mois). Programme de recherche sur la protection phytosanitaire du cotonnier. Institut de la Recherche Agronomique, Centre de Maroua, Cameroun.

Mur C. : 1992-1993 (14 mois). Programme de recherche sur la protection phytosanitaire du cotonnier. Institut de la Recherche Agronomique, Centre de Maroua, Cameroun.

Tiberghien C. : 1993-1994 (14 mois). Programme de recherche sur la protection phytosanitaire du cotonnier. Institut de la Recherche Agronomique, Centre de Maroua, Cameroun.

Fillon E. : 1994-1995 (14 mois). Programme de recherche sur la protection phytosanitaire du cotonnier. Institut de la Recherche Agronomique, Centre de Maroua, Cameroun.

Volontaires Civils à l'Aide Technique (VCAT)

Atiama-Nurbel T. : 2008-2010 (24 mois). Programme de recherche en protection des cultures en Agriculture Biologique. UMR PVBMT, Pole de protection des plantes, Saint-Pierre, La Réunion.

Douraguia E. : 2009-2010 (24 mois). Programme de recherche sur les Mouches des légumes dans le cadre du projet Gamour. UMR PVBMT, Pole de protection des plantes, Saint-Pierre, La Réunion.

Ramage T. : 2010-2011 (12 mois). Programme de recherche sur la biodiversité fonctionnelle dans les agroécosystèmes maraîchers. UMR PVBMT, Pole de protection des plantes, Saint-Pierre, La Réunion.

Volontaires au Service Civique (VSC)

Atiama M. : 2011-2012 (12 mois). Programme de recherche sur la protection agroécologique des cultures fruitières et maraîchères en Agriculture Biologique. UMR PVBMT, Pole de protection des plantes, Saint-Pierre, La Réunion.

Tenailleau M. : 2011-2013 (24 mois). Programme de recherche dans le projet Gamour (6 mois), puis sur la biodiversité fonctionnelle dans les agroécosystèmes maraîchers et fruitiers (18 mois). UMR PVBMT, Pole de protection des plantes, Saint-Pierre, La Réunion.

Jacquot M. : 2012-2013 (12 mois). Programme de recherche dans le projet Biophyto : fonctionnement d'une guildes de prédateurs terrestres épiques dans les vergers de manguiers. UMR PVBMT, Pôle de protection des plantes, Saint-Pierre, La Réunion.

Muru D. : 2012-2013 (12 mois). Programme de recherche sur la protection agroécologique des cultures fruitières et maraîchères en Agriculture Biologique. UMR PVBMT, Pole de protection des plantes, Saint-Pierre, La Réunion.

4.2.6. Autres

Encadrement de C. Tixier (étudiante Istom bénévole) en 1995, donnant lieu à une publication : Tixier C., Deguine J.-P., Alioum. 1995. Technique d'élevage d'*Aphis gossypii* et méthode de mesure de sa sensibilité aux insecticides. *Agriculture et Développement*, 8, 56-58.

Accompagnement de B. Rhino, entomologiste Cirad en poste en Martinique, dans le cadre de son PDP (Plan de Développement Pluriannuel), 2006 à 2009.

Encadrement de stages bénévoles de vacances : E. Lauret (1^{ère} année IUT Saint-Pierre, août 2007), V. Didier (1^{ère} année IUT Saint-Pierre, décembre 2008 - janvier 2009), L. Houry (2^{ème} année IUT Saint-Pierre, juillet – août 2008), M. Atiama (licence Université Saint-Denis, août 2009), D. Rangama (Master 1, Université du Tampon, juillet-août 2009)

Accueil en court séjour de collègues étrangers au sein de l'équipe de l'UMR. Maurice Dembélé (Cameroun, novembre 2008), Moussa Zakari (Niger, mai 2010).

Stage d'intégration en entreprise : Armand Bizouard (Lycée du Tampon, 3^{ème}, septembre 2011) ; Mathilde Payet (Lycée de la Ravine des Cabris, 3^{ème}, Novembre 2011), Lisa Fontaine (Lycée de la Ravine des Cabris, 3^{ème}, Novembre 2012).

4.3. Animation scientifique, gestion et évaluation de la recherche

4.3.1. Animation scientifique et gestion de la recherche

- 1997-2001 Chef du « Programme coton » du Cirad (Département des cultures annuelles).
- 2002-2004 Délégué scientifique du Cirad « Protection intégrée des cultures » (Direction scientifique).
- 2004- 2006 Directeur adjoint, chargé de l'animation scientifique du Département « Elevage et Médecine Vétérinaire (EMVT) du Cirad.
- 2004-2005 Président du réseau européen IPMEurope.

4.3.2. Elaboration et gestion de contrats de recherche

Depuis 2006 (affectation à La Réunion)

- PROCAB** Concepteur et chef du projet : « protection des cultures en Agriculture Biologique à La Réunion ». Financement ODEADOM, Ministère de l'Outre-Mer, avec les partenaires du développement à La Réunion (2008-2010). Financement : 102 000 €.
- ENDURE** Participant au réseau européen d'excellence: « Fied Vegetable Case Study ». Financement : UE-Recherche FVCS Europe (2008-2010). Financement : 7 500 €.
- OMEGA 3** Participant à l'Action Incitative Programmée: « Optimisation de l'efficacité de la régulation des populations et dégâts des mouches des légumes (Diptera : Tephritidae) par « push-pull assisté » sur Cucurbitaceae en systèmes maraîchers à La Réunion ». Financement : Cirad-Montpellier, en partenariat avec différentes unités de recherche du Cirad (2009-2011). Financement : 21 000 €.
- GAMOUR** Concepteur et Chef du projet. « Gestion Agroécologique des Mouches des légumes à La Réunion. Conception, mise au point et transfert en milieu producteur de technologies innovantes dans un cadre participatif. Application à l'Agriculture Biologique ». Bailleur : Ministère de l'Agriculture et de la Pêche. Appel à projets " d'innovation et de partenariat" CASDAR 2008. 12 partenaires de Recherche et Développement de La Réunion (2009-2011). Financement : 472 000 € de la part du CASDAR (sur un budget total de 1 600 000 €).

- PROCAB 2** Concepteur et Chef du projet: « protection des cultures en Agriculture Biologique à La Réunion ». Financement ODEADOM, Ministère de l’Outre-Mer, avec les partenaires du développement à La Réunion (2011-2013). Financement : 91 200 €.
- PAEC** Contributeur et participant au projet: « protection agroécologique des cultures fruitières et maraîchères à La Réunion ». Financement ODEADOM, Ministère de l’Outre-Mer, avec les partenaires du développement à La Réunion (2011-2013). Financement : 133 800 €.
- BIOPHYTO** Concepteur et Chef du projet. « Production durable de mangues sans insecticide à La Réunion. Mise en œuvre de pratiques agroécologiques innovantes dans des sites pilotes. Services rendus par la biodiversité fonctionnelle renouvelée dans les vergers. Valorisation commerciale de la production : une étape majeure vers le développement de la mangue Bio ». Bailleur : Ministère de l'agriculture, de l'alimentation, de la pêche, de la ruralité et de l'aménagement du territoire. Appel à projets " d'innovation et de partenariat" CASDAR 2011. 15 partenaires de la Recherche et du Développement de La Réunion (2012-2014). Financement : 500 000 € de la part du CASDAR (sur un budget total de 1 444 000 €).
- IGAR** Participant au projet « Insectes invasifs en milieu insulaire et gestion agroécologique : cas des Mouches des Légumes à La Réunion ». Appel à projets UVED (Université virtuelle Environnement et Développement durable) 2011. Porteur du projet : Nathalie BECKER (Museum National d’Histoire Naturelle) (2012-2013). Budget global du projet : 55 620 €.
- RESCAM** Contributeur et participant au projet « Conception et expérimentation d’agro écosystèmes durables en maraîchage de plein champ à la Réunion ». Financement ECOPHYTO, : Ministère de l'agriculture, de l'alimentation, de la pêche, de la ruralité et de l'aménagement du territoire, avec les partenaires du développement à La Réunion (2013-2018). Financement : 79 500 € pour le Cirad pour un financement ECOPHYTO de 475 000 €.

4.3.3. Participation à des instances scientifiques et des groupes institutionnels

Evaluation d’équipes de recherche ou de chercheurs

Revue externe du Prifas (Acridologie opérationnelle - Ecoforce® internationale), programme du GERDAT, Montpellier). 1996 : organisation et secrétariat.

Evaluation du programme coton de l’Inera (commission de programmes du département des productions végétales de l’Inera), Burkina Faso (1999).

Evaluation de dossiers d'avancement de chercheurs de l'Isra (Sénégal).

Evaluation d'unités de recherche du Cirad (à l'occasion de la création des unités au sein du Cirad en 2001).

Organisation de l'évaluation de plusieurs UMR en 2002 et 2003, en tant que délégué scientifique « Protection intégrée des cultures » de la Direction scientifique du Cirad : LSTM (Laboratoire des symbioses tropicales et méditerranéennes), CBGP (Centre de biologie et de gestion des populations), BGPI (Biologie et génétique des interactions plante-parasite pour la protection intégrée)..

Evaluation du PPZS (Pôle Pastoral en Zone Sèches), groupe d'intérêt scientifique réunissant 5 partenaires et basé à Dakar (2004).

Jurys de recrutements

Membre du jury d'admission au concours CR2 de l'IRD (2000).

Président ou membre de jury d'une dizaine de recrutements au Cirad.

Chargé d'entretien, en tant que délégué scientifique du Cirad, avec les candidats à des recrutements au Cirad (une douzaine de postes).

Représentation dans le domaine de la Protection des cultures

Réseau IPMEurope

- Représentant français du réseau IPMEurope (2002-2005).
- Membre du Steering Committee d'IPME (2002-2005).
- Président d'IPMEurope (2004-2005).

Revue Cahiers Agricultures

- Membre du comité de rédaction depuis 2005.

Représentation dans le domaine de la Recherche cotonnière

ICAC (International Cotton Advisory Committee).

- Représentant français de l'ICAC (1999-2003).

Conférences mondiales de la Recherche Cotonnière

- Membre du Comité international des conférences mondiales de la recherche cotonnière : Athènes (Grèce) 1998 ; Le Cap (Afrique du Sud) 2003.
- Plenary Speaker en Protection des plantes lors de la 3ème conférence mondiale de la recherche cotonnière (Le Cap, Afrique du Sud, 2003).

Autres

Participation à des groupes de travail institutionnels ou des réseaux (RMT DévAB).

Rapporteur de mémoires de M2 Université de La Réunion.

4.3.4. Organisation de rencontres scientifiques

Réunion Défense des cultures Afrique centrale. Comité de programme Irct. Janvier 1990, Garoua (Cameroun). 80 participants.

Réunion phytosanitaire de coordination. Cultures annuelles, Afrique centrale. Janvier 1994, Maroua (Cameroun). 90 participants.

Séminaire « Rôle et place de la recherche pour le développement des filières cotonnières en évolution en Afrique francophone ». 1er et 2 septembre 1999, Montpellier (France), 70 participants.

Deuxième conférence mondiale de la recherche cotonnière. Septembre 1998, Athènes (Grèce). Membre du comité d'organisation, 350 participants.

Annual Plenary Meeting. IPMEurope. 24-26 octobre 2004, Montpellier (France), 25 participants.

Atelier annuel de l'ATP Omega 3. Saint-Pierre (La Réunion), 15 participants et 3 visio-conférences simultanées (10 autres participants).

Séminaire final du projet Gamour. 21-24 novembre 2011, Saint-Pierre (La Réunion, France), 80 participants.

4.3.5. Enseignement, formation et information

Enseignement

Université Réunion, Faculté de Saint-Denis, Master 1 BEST: « Insectes d'importance économique » (3 heures par an) depuis 2007. Master 2 BEST, Spécialité Ecosystèmes cultivés : « Protection intégrée des cultures » (2 heures de 2007 à 2009).

Université Réunion, Faculté du Tampon, Master 2 Génie Urbain et Environnement : Biologie de la conservation et biodiversité, « Agroécologie », « Ecologie du Paysage », « Evolution insulaire » (9 heures par an de 2008 à 2010 ; 3 heures depuis 2011).

IUT Saint-Pierre, 2^{ème} année Génie Biologique, Spécialité Génie de l'Environnement : « Agroécologie et Protection des cultures » (22 heures par an depuis 2007). Membre du jury pour le Diplôme d'Université d'Etudes Technologiques International.

Bordeaux Sciences Agro (ex - Enita), 3^{ème} année, option Gestion intégrée des agrosystèmes et des paysage, « Agroécologie et protection des cultures » (3 à 4 heures par an depuis 2011).

Université virtuelle Environnement et Développement durable : « Insectes invasifs en milieu insulaire et gestion agroécologique : cas des Mouches des Légumes à La Réunion ». Enseignement pour différents Masters de l'Université de La Réunion (Master Biodiversité et EcoSystèmes Tropicaux, Master Génie Urbain et Environnement) et Museum National d'Histoire Naturelle (Master Ecologie, Biodiversité, Evolution, Master Environnement, développement, territoires et sociétés) (18 heures en 2012-2013).

Autres enseignements divers dans le passé : CNEARC, « Protection des cultures » (6 heures par an de 1998 à 2003).

Formation

Sessions de formation

- formation de chercheurs : Vietnam (1 semaine en 2007).
- formations d'agriculteurs : Tchad, Cameroun, Nouvelle-Calédonie, France (métropole et Réunion).

- interventions dans les Centres de Formation Professionnelle Agricole à La Réunion.
- formation de collègues du Développement de Mayotte (Chambre d'agriculture et Lycée agricole). Février 2011.
- conférence à la Bergerie Nationale de Rambouillet (mai 2011) : « La protection agroécologique des cultures ». Public de chercheurs (Inra) et de professionnels de l'agriculture.

Supports de formation et d'information

Deguine J.-P., Asfom P., 1990. *Traitements insecticides à Très Bas Volume en culture cotonnière. Organisation du chantier. Montage diapositives*. Cirad-ca, Montpellier, 4 p., 68 photos.

Deguine J.-P., 1991. *Ravageurs et protection du cotonnier au Cameroun. Plaquette (en français et en fulfulde)*. Institut de la Recherche Agronomique. Centre de Maroua, Cameroun, 40 p.

Amiot E., Deguine J.-P., Ekukole G., 1992. *La lutte étagée ciblée au Cameroun. Montage diapositives*. Cirad-ca, Montpellier, 6 p., 70 photos.

Deguine J.-P., 1996. *Cotton protection in Sub-Saharan francophone Africa. Montage diapositives*. Cirad-ca, Ur entomologie appliquée, Montpellier, 11 p., 77 photos.

Deguine J.-P., 1996. *Staggered Targeted Control, a new rational control programme in Cotton Growing. Montage diapositives*. Cirad-ca, Montpellier, 9 p., 60 photos (en français et en anglais).

Deguine J.-P., 1998. Lutte chimique contre les ravageurs du cotonnier. In : Cfdt/Ddr (eds). *Support écrit de la formation « protection phytosanitaire, prévention et gestion de résistances »*. Paris, 2-6 mars 1998, 8 p.

Deguine J.-P., Marnotte P., Vaissayre M., Vassal J.-M., 1998. *Protection phytosanitaire du cotonnier en Afrique sub-saharienne. Support écrit de la formation du 4 au 7 mai 1998 à la Cmdt. Ségou (Mali)*, 130 p.

Deguine J.-P., 2000. Les recherches du coton avancent. Article de presse. Entretien J.-P. Deguine. *Fashion Daily News*, 6 juillet 2000, p.14.

Vaissayre M., Deguine J.-P., Djihinto A.C., Vassal J.-M., Katary A., Prudent P., Thibaud M., Ochou O.G., Nklo H.F., 2000. Protection du cotonnier : rompre avec les pratiques du passé. *Afrique Agriculture*, 282, 62-71.

Deguine J.-P., 2006. La lutte étagée ciblée : une protection raisonnée du cotonnier. Document Cirad-Dic. Montpellier. *Valorisation et innovation en partenariat*, 5 (janvier 2006), p. 3.

Deguine J.-P., Langlais C., 2007. Agroecology and Ecological Engineering for Pest Management CD-Rom. Training. Favri – Hanoi, 5-9 November 2007. Markets and agriculture linkages for cities in Asia. CD-Rom, support de formation (plusieurs centaines de diapositives).

Deguine J.-P., 2009. L'augmentorium : une protection raisonnée du cotonnier. Document Cirad-Dic. Montpellier. *Valorisation et innovation en partenariat*, 16 (août 2009), p. 3.

Deguine J.-P., 2010. 1. L'agroécologie pour une agriculture durable ; 2. En route vers l'agroécologie avec Gamour ; 3. L'augmentorium : un outil, trois fonctions ; 4. Cultiver la biodiversité végétale. Série de 4 posters « Regards sur la biodiversité terrestre réunionnaise ».

Deguine J.-P., 2011. Agroécologie. In : Zyberlin O. (coord.) Guide des bonnes pratiques agricoles à La Réunion. Protection phytosanitaire. Direction de l'Alimentation, de l'Agriculture et de la Forêt de La Réunion, 129-132.

Deguine J.-P., Duffourc V., Rousse P. 2011. Gamour. Guide technique. Plaquette réalisée avec le concours technique des partenaires du projet Gamour et d'un consortium de partenaires financiers. Chambre d'Agriculture de La Réunion, 25 p.

Information grand public

Conférences

Conférence sur l'Agroécologie à la Médiathèque du Tampon, à l'occasion de la sortie de l'ouvrage de Deguine *et al.* 21 novembre 2008.

Conférence sur l'Agroécologie au Cinéma Rex de St Pierre, à l'occasion de la projection du film "nos enfants nous accuseront". Printemps 2009.

Conférence « La biodiversité est dans le champ » donnée à l'occasion de la Fête de la Science, Saint-Denis, 19 novembre 2010.

Visio-conférence « La biodiversité dans les agroécosystèmes » donnée auprès de l'Université du Niger, à l'occasion de la Fête de la Science au Niger, 26 novembre 2010.

Différentes conférences publiques, exposés dans des manifestations agricoles (semaine du développement durable, Foire de Bras Panon, Ecomarathon du Tampon, Marchés d'Agriculture Biologique, ...) et animation de débats sur l'agriculture durable.

Films grand public ou vidéos

5 reportages TV de l'émission « Terres d'ici » sur Antenne Réunion (thème protection agroécologique des cultures maraîchères et fruitières). 2009 à 2012.

Reportage dans la série « Ma Réunion » sur « les défis de l'agriculture bio ». RFO. 2010.

Film vidéo tourné par Vincent Bonneaud : « Répondre aux enjeux agricoles grâce aux ressources de la biodiversité » (2010). Mise en ligne sur le site du Cirad.

Reportage dans la série « Locaterre » sur « l'agriculture raisonnée ». Réunion 1^{ère}. 2012.

Vidéo sur le site du Ministère de l'Agriculture, de l'Agroalimentaire et de la Forêt : Gamour et Biophyto (novembre 2012).

Emissions de radio ou de télévision

Emission France Culture janvier 2009 (émission « Sur les docks ») : Sécurité alimentaire et agriculture durable.

Différents interviews dans les radios locales (La Réunion). 2008-2012.

Différents reportages dans les journaux télévisés (RFO, Antenne Réunion, Réunion 1^{ère}).

Interview en direct au JT de Réunion 1^{ère} le 28/11/2011.

Articles de magazines

A l'échelle nationale : La Croix (2012).

A l'échelle régionale : L'Eco Austral (mai 2012).

Articles de journaux

Article dans le magazine Afrique Agriculture : « Protection du cotonnier : rompre avec les pratiques du passé » (juin 2000).

Article dans le journal spécialisé Fashion Daily « Les recherches sur le coton avancent », 6 juillet 2000.

Différents articles de journaux à La Réunion « Le Quotidien », « Le Journal de l'île » de 2007 à 2012.

4.3.6. Missions effectuées

- 1986 : **Cameroun** : échanges scientifiques, coton ;
- 1987 : **République centrafricaine** : conférence, coton ;
- 1988 : **Belgique** : conférence, protection des cultures ;
- 1989 : **Nigeria** : conférence, coton ;
 Togo (conférence, coton ;
- 1992 : **Tchad** : conférence, coton)
- 1996 : **Guinée** : expertise, coton ;
 Mali : expertise, coton ;
 Etats-Unis : conférence, coton ;
 Angleterre : IPMEurope ;
- 1997 : **Fidji** : conférence, Mouches des fruits ;
 Samoa occidentale : échanges scientifiques, Mouches des fruits ;
 Tonga : échanges scientifiques, Mouches des fruits ;
 Vanuatu : échanges scientifiques, Mouches des fruits ;
 Nouvelle-Zélande : échanges scientifiques, Mouches des fruits ;

- 1998 : **Mali** : expertise coton ;
Sénégal : expertise coton ;
Mozambique : expertise coton ;
Grèce : conférence, coton ;
Thaïlande : appui, coton ;
Bolivie : représentation nationale, coton ;
Afrique du Sud : expertise, coton ;
Burkina Faso : appui, coton ;
- 1999 : **Viêt-Nam** : expertise, coton ;
Thaïlande : appui, coton ;
Côte d'Ivoire : appui, coton ;
Brésil : expertise, coton ;
Paraguay : appui, coton ;
Argentine : échanges scientifiques, coton ;
Bolivie : appui, coton ;
Afrique du Sud : échanges scientifiques, coton ;
Etats-Unis : représentation nationale, coton ;
Tchad : appui, coton ;
Cameroun : appui, coton ;
Burkina Faso : appui, coton ;
- 2000 : **Cameroun** : appui, coton ;
- 2001 : **Mali** : expertise, coton ;
Zimbabwe : représentation nationale, coton ;
- 2002 : **Angleterre** : IPMEurope ;
La Réunion : échanges scientifiques ;
Suède : IPMEurope ;
- 2003 : **Afrique du Sud** : appui, coton ;
- 2004 : **Allemagne** : IPMEurope ;
Norvège : IPMEurope ;
Suisse : IPMEurope ;
Italie : IPMEurope ;
Sénégal : appui, élevage ;
Cameroun : appui, élevage ;
Burkina Faso : échanges scientifiques ;

- 2005 : **Hongrie** : IPMEurope ;
Martinique : appui, protection des cultures ;
- 2006 : **La Réunion** : échanges scientifiques, protection des cultures ;
- 2007 : **Hawaii** : échanges scientifiques, Mouches des fruits ;
Martinique : échanges scientifiques, protection des cultures ;
Etats-Unis : conférence, coton ;
Viêt-Nam : expertise, protection des cultures ;
- 2008 : **Maurice** : échanges scientifiques, Mouches des fruits ;
- 2009 : **Syrie** : expertise, protection des cultures ;
Martinique : échanges scientifiques, protection des cultures ;
- 2010 : **Espagne** : conférence, mouches des fruits ;
- 2011 : **Mayotte** : appui, mouches des fruits ;
Belgique : conférence, protection des cultures ;
- 2012 : **Madagascar** : expertise, agriculture biologique.

4.3.7. Evaluation d'articles, d'ouvrages ou de projets

Evaluation d'articles de revues avec facteur d'impact

Fruits. J. Etienne, Q. Quilici, D. Marival et A. Franck. Biological control of *Diaphorina citri* (Hemiptera, Psyllidae) in Reunion Island and in Guadeloupe by means of *Tamarixia radiata* (Hymenoptera, Eulophidae). 56 (5) 307–315. 2001.

Annals of Applied Biology. H. Shannag. Growth Rates of Okra Plant as Effectuated by Melon Aphid, *Aphis gossypii* Glover (Homoptera, Aphididae). AAB-2005-0077. 2005.

Agronomy for Sustainable Development. Y. Cai, Y. Xie, J. Liu. Glandless seed and glanded plant research in cotton. 7207CAIRev. 2008.

Field Crops Research. I. Gencsoylu. Effect of plant growth regulators on yield, lint, pests and natural enemies in cotton. N°FIELD-D-08-00107. 2008.

Journal of Pest Science. N.E. El-Wakeil. Pest Economic Levels in Relation to Crop Production. PEST350.2008.

Phytoparasitica M. Coll. Conservation Biological Control and the Management of Biological Control Services: Are They The Same? PYP8. 2008.

Cahiers Agricultures. B.A.D. Begoude, M. Mbenoun, L. Dibog, G. Samuels, P.R. Tondje. Evaluation du potentiel mycoparasite de quelques champignons endophytes associés au cacaoyer (*Theobroma cacao* L.) sur la pourriture des fruits causée par *Phytophthora magakarya* au Cameroun. caa060148. 2008.

Cahiers Agricultures. M.E. Navel, B. Rapidel, P. Girardin, A. Renou, F. Sissoko, P. Silvie. Evaluation des impacts environnementaux de la protection phytosanitaire du cotonnier au Mali ; comparaison avec le Brésil. caa070282. 2008.

Agronomy for Sustainable Development. D.P. Kalivas, G. Economou, C.E. Vlachos, I.S. Travlos. Weed mapping in cotton crop and relations to abiotic factors using GIS, as a tool of integrated weed management and sustainable agriculture.9050TRA. 2009.

Agricultural Systems. MEA Whitehouse. IPM of mirids in Australian cotton: why and when pest managers spray for mirids. AGSY1688. 2009.

European Journal of Entomology. E.S.C. Tilma, T. Heijerman, P.C. Struik, H. Korevaar, B. Vosman. Effect of crop mixtures on beetle diversity (Coleoptera: Carabidae, Coccinellidae, Curculionidae) over time on soil types in the Netherlands. N°MS147/09, 2009.

Cahiers Agricultures. H.C.A.C. Ahouangninou, B.E. Fayomi, T. Martin. Estimation des risques sanitaires et environnementaux des pratiques phytosanitaires des maraîchers au Bénin. caa090214. 2009.

Cahiers Agricultures. Adjlane. Situation de l'apiculture en Algérie : facteurs menaçant la survie des colonies d'abeilles locales *Apis mellifera intermissa*. caa110396. 2012.

Cahiers Agricultures. Renaudin C., Pelc H., Opois J. Cotonnier Génétiquement Modifié : l'expérience d'une campagne agricole au Burkina Faso. caa110472. 2012.

Evaluation de projets d'ouvrages ou de chapitres d'ouvrages

Elsevier. R. Peshin, A.K. Dhawan. Integrated Pest management: Innovation, Dissemination, and Impact. 2007. Finalement édité chez Springer en 2009.

Springer. « Organic Farming, prototype for sustainable agricultures. Simon S., Adrien R., Wyss E., Sarthou J.-P. Organic farming as an inspiring model to develop conservation biocontrol, à paraître.

Evaluation d'articles pour des associations ou des académies

Académie des Sciences. Comptes rendus Biologie. C.A. Dedryver, A. Le Ralec, F. Fabre. The conflicting relationships between aphids and men: a review of aphid damages and of their control strategies. 2009.

Association française d'agronomie. Agronomie, environnement & sociétés. P. Ricci, C. Lamine, A. Messéan. La protection intégrée : vers de nouveaux paradigmes ? 2011.

Evaluation de projets

Evaluation d'un projet R&D dans le domaine de la « valorisation des ressources naturelles et l'éco-innovation » pour le compte du Pôle d'innovation Tahiti Fa'ahotu (Polynésie française) sous couvert du Pôle de Compétitivité Qualitropic (2 évaluations en août 2010 et en août 2012) (clause de confidentialité).

Annexes

Article Psyttalia FDGDON

Conclusion

Candidater à l'habilitation à diriger des recherches est un honneur, mais aussi un privilège dont je mesure toute l'importance. J'ai en effet bénéficié, au cours de ma carrière de chercheur, d'un cursus favorable à l'expression des quatre phases successives d'une démarche presque idéale :

- la confrontation directe aux problèmes de terrain et à leur solution concrète, compte tenu des connaissances et des moyens techniques du moment ;
- la responsabilité de la gestion et de l'animation de la recherche dans un contexte national et international ;
- le retour aux sources du savoir, propice à la mise en perspective des expériences vécues ;
- l'élaboration d'une nouvelle démarche expérimentale à partir de la conception d'une stratégie phytosanitaire innovante centrée sur la gestion des agroécosystèmes.

Mes activités de recherche, d'encadrement et de gestion scientifique au Cirad, au travers d'affectations diverses dans des conditions matérielles parfois délicates mais toujours instructives, m'ont conforté dans la pertinence de cette évolution chronologique. De plus, mes dernières activités de recherche à La Réunion et les résultats que nous avons obtenus, auront confirmé très concrètement le bien-fondé des orientations scientifiques basées sur l'agroécologie pour la protection des cultures contre les ravageurs.

L'habilitation à diriger des recherches peut se mesurer selon différents critères, dont les plus souvent cités se déclinent à l'aune des publications et des projets scientifiques. Cette habilitation ne doit pas se limiter, pour moi, à cette nécessaire aptitude du candidat à maîtriser une stratégie de recherche dans un domaine scientifique suffisamment large comme celui de la protection des cultures. L'habilitation doit aussi donner une importance au moins égale à la capacité du candidat à encadrer de jeunes chercheurs. J'ai déjà une riche expérience de l'encadrement de stagiaires d'origines diverses et d'une façon plus générale de la gestion d'équipes de recherche.

Je souhaiterais aujourd'hui pouvoir partager, transmettre, mon expérience à de jeunes chercheurs : montrer, à des doctorants notamment, que l'approche expérimentale d'une recherche au sein d'un laboratoire traditionnel, peut, et doit sans doute, se nourrir d'un travail de terrain, débordant des limites de la parcelle de culture. C'est l'esprit du « laboratoire de campagne », dont la pratique a significativement contribué au développement de l'entomologie appliquée au 20^{ème} siècle (Grisson, 1992).

Ce « laboratoire de campagne » n'offre peut-être pas toutes les conditions expérimentales d'accès à la connaissance, notamment celles qui permettent d'opérer en conditions contrôlées et donc reproductibles. Il n'intègre pas non plus les activités relevant de la modélisation qualitative et dynamique, pour lesquelles des collaborations scientifiques internes et externes sont indispensables. En revanche, le « laboratoire de campagne » permet, en plus de son accès direct à l'étude des agroécosystèmes complexes et des interactions qui les régissent, de donner une place nouvelle à une recherche dite participative, susceptible de concerner tous les acteurs du système agro-alimentaire, « - filières de production, de transformation, de distribution - et de la recherche, du conseil technique, des politiques publiques et des instances de régulation » (Ricci *et al.*, 2011).

Cette démarche, on l'aura compris, est pour moi un pas nécessaire pour accéder à une gestion globale des populations de ravageurs et de leurs auxiliaires, dans le respect du fonctionnement d'une biodiversité durablement fonctionnelle. Dans cette dynamique, les conditions rencontrées dans le périmètre d'action de l'UMR PVBMT, réunissant « laboratoire traditionnel » de haut niveau, « laboratoire de campagne », accès à des outils de recherche complémentaires (modélisation par exemple) et de valorisation scientifique, sont exceptionnelles et particulièrement bien adaptées à l'encadrement de jeunes chercheurs.

Références bibliographiques

Altieri M.A., 1987. *Agroecology: the scientific basis of alternative agriculture*. Westview Press, Boulder, Colorado, 227 p.

Altieri M.A., Nicholls C.I., 2012. Agroecological diversification strategies to enhance biological pest regulation in horticultural systems. *Acta Horticulturae*, 933, 35-41.

Amouroux P., Normand F., 2010. Survey of mango pests on Reunion Island, with a focus on pests affecting flowering. *Proceedings of the 9th International Mango Symposium (book of abstracts), April 2010, Sanya (China)*, p. 24.

Andersen A.N., Majer J.D., 2004. Ants show the way Down Under: invertebrates as bioindicators in land management. *Front Ecol Environ*, 2, 291–298.

Andow D.A., 1991. Vegetational diversity and arthropod population response. *Annual Review of Entomology*, 36, 561-586.

Baggen L.R., Gurr G.M., 1998. The influence of food on *Copidosoma koehleri* (Hymenoptera: Encyrtidae), and the use of flowering plants as a habitat management tool to enhance biological control of potato moth, *Phthorimaea operculella* (Lepidoptera: Gelechiidae). *Biological Control*, 11, 9–17.

Batáry P., Holzschuh A., Orci K.M., Samu F., Tscharntke T., 2012. Responses of plant, insect and spider biodiversity to local and landscape scale management intensity in cereal crops and grasslands. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 146, 130-136.

Bianchi F.J.J.A., Booij C.J.H., Tscharntke T., 2006. Sustainable pest regulation in agricultural landscapes: a review on landscape composition, biodiversity and natural pest control. *Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences*, 273, 1715-1727.

Brévault T., Quilici S., 2007. Influence of habitat pattern on orientation during host fruit location in tomato fruit fly, *Neoceratitis cyaneescens*. *Bulletin of Entomological Research*, 97, 637-642.

Brévault T, Quilici S., 2009. Oviposition preference in the oligophagous tomato fruit fly, *Neoceratitis cyanescens*. *Entomologia Experimentalis et Applicata*, 133, 165-173.

Burel F., Baudry J., 1999. *Ecologie du paysage. Concepts, méthodes et applications*. TEC & DOC, Paris, 359 pp.

Burns R. E., Harris D. L., Moreno D. S., Eger J. E., 2001. Efficacy of spinosad bait sprays to control Mediterranean and Caribbean fruit flies (Diptera : Tephritidae) in commercial citrus in Florida. *Florida Entomologist*, 84, 672-678.

Busnel J., Augusseau X., 2011. *Analyse de l'évaluation du projet GAMOUR et de l'appropriation des pratiques par les maraîchers des zones pilotes*. Stage de césure. AgroParisTech, Paris, 34 p.

Carreck N.L., Williams I.H., 2002. Food for insect pollinators on farmland: insect visits to flowers of annual seed mixtures. *Journal of Insect Conservation*, 6, 13–23.

Carson R., 1962. *Silent Spring*. The Riverside Press, Cambridge, Massachusetts, USA, 368 p.

Cauquil J., Couilloud R., Girardot B., Gozé E., Jouve G., Vaissayre M., 1989. *Méthodologie de l'expérimentation phytosanitaire en culture cotonnière*. Deuxième édition revue et corrigée, juillet 89. IRCT, Montpellier, 63 p.

Cauquil J., Vincens P., 1982. Maladies et ravageurs du cotonnier en Centrafrique. Expression des dégâts et moyens de lutte. *Coton et Fibres Tropicales*, Supplément 1, 32 p.

Cauquil J., Vincens M., Girardot B., 1983. La lutte chimique contre le puceron du cotonnier (*Aphis gossypii* Glover) en Centrafrique. *Mededelingen van de Faculteit Landbouwwetenschappen Rijkuniversiteit Gent*, 48, 341-347.

Chitra S., Solanki K.R., 2000. Agroforestry: an ecofriendly land-use system for insect management. *Outlook on Agriculture*, 29, 91–96.

Clough Y., Kruess A., Tscharrntke T., 2005. Organic versus conventional arable farming systems: functional grouping helps understand staphylinid response. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 118, 285–290.

Clough Y., Kruess A., Tscharrntke T., 2007. Local and landscape factors in differently managed arable fields affect the insect herbivore community of a non-crop plant species. *Journal of Applied Ecology*, 44, 22-28.

- Cook S.M., Khan Z.R., Pickett J.A., 2007. The use of push-pull in integrated pest management. *Annual Review of Entomology*, 52, 375-400.
- Dalgaard T., Hutchings N.J., Porter J.R., 2003. Agroecology, scaling and interdisciplinarity. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 100, 39–51.
- Decourtye A., Lecompte P., Pierre J., Chauzat M.P., Thiébaud P., 2007. Introduction de jachères florales en zones de grandes cultures : comment mieux concilier agriculture, biodiversité et apiculture ? *Courrier de l'environnement de l'INRA*, 54, 33-56.
- Delattre R., 1973. *Parasites et maladies en culture cotonnière*. Institut de Recherches du Coton et des Textiles exotiques, Paris, 146 p.
- Denys C., Tscharnkte T., 2002. Plant-insect communities and predator-prey ratios in field margin strips, adjacent crop fields, and fallows. *Oecologia*, 130, 315–324.
- Desneux N., Decourtye A., Delpuech J.M., 2007. The sublethal effects of pesticides on beneficial arthropods. *Annual Review of Entomology*, 52, 81-106.
- Dhillon M.K., Singh R., Naresh J.S., Sharma H.C., 2005. The melon fruit fly, *Bactrocera cucurbitae*: a review of its biology and management. *Journal of Insect Science* 5: 40. Available online, insectscience.org/5.40.
- Dorst J., 1969. *Avant que nature meure*. Delachaux Niestlé, Paris, 424 p.
- Downie I.S., Wilson W.L., Abernethy V.J., McCracken D.I., Foster G.N., Ribera I., Waterhouse A., Murphy K.J., 1999. The impact of different agricultural land-uses on epigeal spider biodiversity in Scotland. *Journal of Insect Conservation*, 3, 273-286.
- Drew R.A.I., Hooper G.H.S., 1983. Population studies of fruit flies in South-east Queensland. *Oecologia*, 56, 153-9.
- Eskelson M.J., Chapman E.G., Archbold D.D., Obrycki J.J., Harwood J.D., 2011. Molecular identification of predation by carabid beetles on exotic and native slugs in a strawberry agroecosystem. *Biological Control*, 56, 245-253.
- Etienne J., 1972. Les principales Trypétides nuisibles de l'île de La Réunion. *Annales de la Société Entomologique de France*, 8, 485-491.
- Fiedler A. K., Landis D. A., Wratten S. D., 2008. Maximizing ecosystem services from conservation biological control: the role of habitat management. *Biological Control*, 45, 254-271.

- Fletcher B.S., 1987. The biology of Dacine fruit flies. *Annual Review of Entomolgy*, 32, 115-44.
- Fournier V., Hagler J., Daane K., León J. D., Groves R., 2008. Identifying the predator complex of *Homalodisca vitripennis* (Hemiptera: Cicadellidae): a comparative study of the efficacy of an ELISA and PCR gut content assay. *Oecologia*, 157, 629-640.
- Fretwell S. D., 1977. The regulation of plant communities by the food chains exploiting them. *Perspectives in Biology and Medicine*, 20, 169-185.
- Gliessman S.R., 2007. Agroecology: the ecology of sustainable food systems. CRC Press, Taylor & Francis, NY, 384 p.
- Gliessman S.R., Garcia-Espinosa R., Amador M., 1981. The ecological basis for the application of traditional agricultural technology in the management of tropical agroecosystems. *Agroecosystems*, 7, 173–185.
- Grison P., 1992. *Chronique historique de la Zoologie agricole française. Livre Premier*. Edition Département de Zoologie de l'INRA, 336 p.
- Gurr G.M., Wratten S.D., Altieri M.A., 2004. *Ecological engineering for pest management. Advances in habitat manipulation for arthropods*, Csiro Publishing, Collingwood (Australia) et CAB International, Wallingford (UK), 232 p.
- Gurr G.M., Wratten S.D., Lunac J.M., 2003. Multi-function agricultural biodiversity: pestmanagement and other benefits. *Basic and Applied Ecology*, 4, 107-116.
- Haaland C., Naisbit R.E., Bersier L.F., 2011. Sown wildflower strips for insect conservation: a review. *Insect Conservation and Diversity*, 4, 60–80.
- Hairston N.G., Smith F.E., Slobodkin L.B., 1960. Community structure, population control, and competition. *American Naturalist*, 94, 421–424.
- Hardee D.D., Henneberry T.J., 2004. Area-wide Management of Insects Infesting Cotton. In: Horowitz A.R., Ishaaya I. (eds), *Insect Pest Management. Field and Protected Crops*, Springer-Verlag, Berlin/Heidelberg, 199-140.
- Higuchi H., Miyazaki M., 1969. A tentative catalogue of host plants of Aphidoidea in Japan. *Insecta Matsumurana*, Suppl. 5, 66 p.
- Holland J., 2004. The environmental consequences of adopting conservation tillage in Europe: reviewing the evidence. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 103, 1-25.

Hooper D.U., Chapin III F.S., Ewel J.J., Hector A., Inchausti P., Lavorel S., Lawton J.H., Lodge D.M., Loreau M., Naeem S., Schmid B., Setälä H., Symstad A.J., Vandermeer J., Wardle D.A., 2005. Effects of biodiversity on ecosystem functioning: a consensus of current knowledge. *Ecological Monographs*, 75, 3-35.

Horton D.R., Broers D.A., Lewis R.R., Granatstein D., Zack R.S., Unruh T.R., Moldenke A. R., Brown J.J., 2002. Effects of mowing frequency on densities of natural enemies in three Pacific Northwest pear orchards. *Entomologia Experimentalis et Applicata*, 106, 135-145.

Husson O., Michellon R., Charpentier H., Razanamparany C., Moussa N., Naudin K., Razafintsalama H., Rakotoarinivo C., Andrianaivo A.P., Rakotondramanana, Séguy L., 2008. *Le contrôle du Striga par les systèmes SCV (Semis Direct sur Couverture Végétale permanente)*. Manuel pratique du semis direct à Madagascar, vol 1. GSDM, Madagascar, 36 p.

Inaizumi M., 1980. Studies on the life-cycle and polymorphism of *Aphis gossypii* Glover (Homoptera, Aphididae). *Special Bulletin of the College of Agriculture, Utsunamiya University*, 37, 132 p.

Juen A., Hogendoorn K., Ma G., Schmidt O., Keller M.A., 2011. Analysing the diets of invertebrate predators using terminal restriction fragments. *Journal of Pest Science*, 84, 471-477.

Khan Z.R., James D.G., Midega C.A.O., Pickett J.A., 2008. Chemical ecology and conservation biological control. *Biological Control*, 45, 210–224.

Klungness L.M., Jang E.B., Ronald F.L., Vargas R.I., Sugano J.S., Fujitani E., 2005. New sanitation techniques for controlling tephritid fruit flies (Diptera: Tephritidae) in Hawaii. *Journal of Applied Science for Environment Management*, 9, 5-14.

Köppler K., Kaffer T., Vogt H., 2008. Bait sprays against the European cherry fruit fly *Rhagoletis cerasi*: Status Quo & Perspectives. In: Boos M. (ed.), *Ecofruit - 13th International Conference on Cultivation Technique and Phytopathological Problems in Organic Fruit-Growing*. Boos, Weinsberg/Germany, 102-108.

Kruess A., Tscharrntke T., 2000. Species richness and parasitism in a fragmented landscape: experiments and field studies with insects on *Vicia sepium*. *Oecologia*, 122, 129-137.

KunYaw H., ShiCheng H., ChienChung C., 2005. Effectiveness of spinosad bait in the control of Oriental fruit fly (Diptera: Tephritidae) in guava orchards. *Journal of Taiwan Agricultural Research*, 54, 162-168.

Jang E.B., Klungness L.M., McQuate G.T., 2007. Extension of the use of augmentoria for sanitation in a cropping system susceptible to the alien Tephritid fruit flies (Diptera: Tephritidae) in Hawaii. *Journal of Applied Science for Environment Management*, 11, 239-248.

Jang E.B., McQuate G.T., McInnis D.O., Harris E.J., Vargas R.I., Bautista R.C., Mau R.F.L., 2008. Targeted trapping, bait-spray, sanitation, sterile-male, and parasitoid releases in an areawide integrated melon fly (Diptera: Tephritidae) control program in Hawaii. *American Entomology*, 54, 240-250.

Landis D.A., Wratten S.D., Gurr G.M., 2000. Habitat management to conserve natural enemies of arthropod pests in agriculture. *Annual Review of Entomology*, 45, 175–201.

Lindquist, D. A., 1998. Pest management strategies: area-wide and conventional. *Proceedings of Fifth International Symposium on Fruit Flies of Economic Importance*, Penang (Malaysia), 13-19.

Liquido N.J., 1993. Reduction of Oriental Fruit Fly (Diptera: Tephritidae) populations in papaya orchards by field sanitation. *Journal of Agricultural Entomology*, 10, 163-170.

Lockwood J.A., Christiansen T. A., Legg. D.E., 1990. Arthropod prey-predator ratios in a sagebrush habitat: methodological and ecological Implications. *Ecology*, 71, 996–1005.

Mailloux J., Le Bellec F., Kreiter S., Tixier M.S., Dubois P., 2010. Influence of ground cover management on diversity and density of phytoseiid mites (Acari: Phytoseiidae) in Guadeloupean citrus orchards. *Experimental and Applied Acarology*, 52, 275–290.

Marshall E.J.P., 2005. Field margins in northern Europe: Integrating agricultural, environmental and biodiversity functions. *Field Boundary Habitats: Implications for Weed, Insect and Disease Management*, 1, 39-67.

Marshall E.J.P., Moonen A.C., 2002. Field margins in northern Europe: their functions and interactions with agriculture. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 89, 5-21.

Mau R.F.L., Jang E.B., Vargas R.I., 2007. The Hawaii Fruit Fly Area-wide Fruit Fly Pest Management Programme: Influence of Partnership and a Good Education Programme. *In: Vreysen, M.J.B., Robinson, A.S., Hendrichs, J. (eds.), Area-wide Control of Insect Pests: From Research to Field Implementation*. Springer, Dordrecht (The Netherlands), 671-683.

McNabb D.M., Halaj J., Wise D.H., 2001. Inferring trophic positions of generalist predators and their linkage to the detrital food web in agroecosystems: a stable isotope analysis. *Pedobiologia*, 45, 289-297.

McQuate G.T., Gretchen D.J., D.Silva C., 2003. Assessment of corn pollen as a food source for two tephritid fruit fly species. *Environmental Entomology*, 32, 141-150.

McQuate G.T., Vargas R.I., 2007. Assessment of attractiveness of plants as roosting sites for the melon fly, *Bactrocera cucurbitae*, and oriental fruit fly, *Bactrocera dorsalis*. *Journal of Insect Science*, 7:57, 13 p.

Meek B., Loxton D., Sparks T., Pywell R., Pickett H., Nowakowski M., 2002. The effect of arable field margin composition on invertebrate biodiversity. *Biological Conservation*, 106, 259-271.

Miyahara Y., Kawai A., 1979. Movement of sterilized Melon Fly from Kume Is. to the Amani Islands. *Japanese Society of Applied Entomology and Zoology*, 14, 496-97.

Moericke V., 1957. Der Flug von Insekten über pflanzenfreien und pflanzenbewachsenen Flächen. *Zeitschrift für Pflanzenkrankheiten und Pflanzenschutz*, 64, 507-514.

Morin P. J., 2011. *Community Ecology*. Second edition, Wiley-Blackwell, Oxford (UK), 407 p.

Murray D.A.H., Miles M.M., McLennan A.J., Lloyd R.J., Hopkinson J.E., 2005. Area-wide management of *Helicoverpa* spp. in an Australian mixed cropping agroecosystem. *Proceedings of the 2005 Beltwide Cotton Conference*, New Orleans, National Cotton Council, Memphis, 1246-1251.

Nakamura A., Catterall C.P., House A.P.N., Kitching R.L., Burwell C.J., 2007. The use of ants and other soil and litter arthropods as bio-indicators of the impacts of rainforest clearing and subsequent land use. *Journal of Insect Conservation*, 11, 177–186.

Nibouche S., 2009. *Résumé d'ouvrages et de travaux*. Diplôme d'habilitation à Diriger des recherches, Université de La Réunion, 47 p.

Nicholls C.I., Altieri M.A., 2004. Agroecological bases of ecological engineering for pest management. In: Gurr G., Wratten S.D., Altieri M.A. (eds), *Ecological Engineering for Pest Management. Advances in Habitat Manipulation for Arthropods*, Csiro Publishing, Collingwood (Australia) et CABI Publishing, Wallingford (United Kingdom). 33–54.

Nilsson U., Rännbäck L.-M., Anderson P., Rämert B., 2012. Herbivore response to habitat manipulation with floral resources: a study of the cabbage root fly. *Journal of Applied Entomology*, 136, 481-489.

Nishida, T., 1980. Food systems of tephritid fruit flies in Hawaii. *Proceedings of the Hawaiian Entomological Society*, 23, 245-254.

Nishida T., Bess H.A., 1957. *Studies on the ecology and control of the Melon fly Dacus (Strumeta) cucurbitae Coquillet (Diptera: Tephritidae)*. Hawaii agricultural experiment station, University of Hawaii. Technical Bulletin, 84, 12-29.

Opatovsky I., Chapman E.G., Weintraub P.G., Lubin Y., Harwood J.D., 2012. Molecular characterization of the differential role of immigrant and agrobiont generalist predators in pest suppression. *Biological Control*, 63, 25-30.

Piñero J. C., Mau R. F. L., Vargas R. I., 2009. Managing Oriental Fruit Fly (Diptera: Tephritidae), with spinosad-based protein bait sprays and sanitation in papaya orchards in Hawaii. *Journal of Economic Entomology*, 102, 1123-1132.

Quilici S., 1994. Programmes de recherche et d'action sur les mouches des fruits à La Réunion. *Fruits*, 49, 493-495.

Quinn M.A., Halbert S.E., Williams III L., 1991. Spatial and temporal changes in aphid (Homoptera: Aphilidae) species assemblages collected with suction traps in Idaho. *Journal of Economic Entomology*, 84, 1710-1716.

Ratnadass A., Fernandes P., Avelino J., Habib R., 2012. Plant species diversity for sustainable management of crop pests and diseases in agroecosystems: a review. *Agronomy for Sustainable Development*, 32, 273–303.

Renkema J.M., Walde S.J., Lynch D.H., Cutler G.C., MacKenzie K., 2012. Ground beetles (Carabidae) are affected by mulch in organic highbush blueberries. *Acta Horticulturae*, 933, 447-453.

Ricci P., Bui S., Lamine C., 2011. *Repenser la protection des cultures. Innovations et transitions*. Collection Sciences en partage, Éditions Quae, 224 p.

Roy D.K., Behura B.K., 1983. Notes of host-plants, feeding behaviour, infestation and ant attendance of cotton aphids, *Aphis gossypii* Glov. *Journal of the Bombay Natural History Society*, 80, 654-656.

Shennan C., Pisani Gareau T., Sirrine J.R., 2005. Agroecological approaches to Pest Management in the U.S. In: Pretty J. (ed.), *The Pesticide Detox. Towards a More Sustainable Agriculture*. Earthscan, London, Sterling, VA, 193-211.

- Sih A., Englund G., Wooster D., 1998. Emergent impacts of multiple predators on prey. *Trends in ecology & evolution*, 13, 350-355.
- Smith H.A., McSorley R., 2000. Intercropping and pest management: a review of major concepts. *American Entomologist*, 46, 154–161.
- Smith J.W., 1998. Boll Weevil Eradication: Area-Wide Pest Management. *Annals of the Entomological Society of America*, 91, 239-247.
- Suckling D.M., Walkerb J.T.S., Wearing C.H., 1999. Ecological impact of three pestmanagement systems in New Zealand apple orchards. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 73, 129-140.
- Taylor L.R., 1951. An improved suction trap for insects. *Annals of Applied Biology*, 38, 582-591.
- Thieme T., Steiner H., Busch T., 1994. Vergleich der Blattlausfänge in verschiedenen Gelbschällen. *Nachrichtenblatt der deutschen Pflanzenschutzdienstes*, 44, 201-208.
- Thomas C.F.G., Marshall E.J.P., 1999. Arthropod abundance and diversity in differently vegetated margins of arable fields. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 72, 131-144.
- Thorbek P., Bilde T., 2004. Reduced Numbers of Generalist Arthropod Predators after Crop Management. *Journal of Applied Ecology*, 41, 526-538.
- Turner M.G., Gardner R.H., O'Neill R.V., 2001. *Landscape Ecology in Theory and Practice: Pattern and Process*. Springer Science+Business Media, NY, 389 p.
- Vargas R.I., Mau R.F.L., Jang E.B., Faust R.M., Wong L., 2008. The Hawaii Fruit Fly Area–Wide Pest Management Program. In: Koul O., Cuperus G.W., Elliott N.C. (eds). *Areawide IPM: Theory to Implementation*. CAB International, Wallingford (UK), 300-325
- Vayssières J.-F., 1999. *Les relations plantes-insectes chez les Dacini (Diptera-Tephritidae) ravageurs des Cucurbitaceae à La Réunion*. Thèse de Doctorat. Université Paris XII, Paris, 241 p.
- Vayssières J.-F., Carel Y., 1999. Les Dacini (Diptera: Tephritidae) inféodés aux Cucurbitaceae à La Réunion: gamme de plantes hôtes et stades phénologiques préférentiels des fruits au moment de la piqûre pour des espèces cultivées. *Annales de la Société Entomologique de France*, 35, 197-202.
- Wäckers F.L., Romeis J., van Rijn P., 2007. Nectar and pollen feeding by insect herbivores and implications for multitrophic interactions. *Annual Review of Entomology*, 52, 301-323.

Weibull A.C., Ostman O., Granqvist A., 2003. Species richness in agroecosystems_: the effect of landscape, habitat and farm management. *Biodiversity and Conservation*, 12, 1335-1355.

Wezel A., Bellon S., Doré T., Vallod D., David C., 2009. Agroecology as a science, movement or practice. *Agronomy for Sustainable Development*, 29 : 503-515.

With K.A., Pavuk D.M., Worchuck J.L., Oates R.K., Fisher J.L., 2002. Threshold effects of landscape structure on biological control in agroecosystems. *Ecological Applications*, 12, 52–65.

Wu J., Hobbs R., 2002. Key issues and research priorities in landscape ecology: An idiosyncratic Synthesis. *Landscape Ecology*, 17, 355–365.

